



UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE
FACULTAD DEL DEPORTE
DEPARTAMENTO DE DEPORTE E INFORMÁTICA

TESIS DOCTORAL

EFFECTOS DE DIFERENTES MODELOS DE ENTRENAMIENTO DE
FUERZA Y POTENCIA EN LAS CAPACIDADES CONDICIONALES DE
LOS JUGADORES PROFESIONALES DE WATERPOLO

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
MENCIÓN INTERNACIONAL PRESENTADA POR:
RAFAEL RAMOS VELIZ

DIRECTORES:

DR. EDUARDO SAÉZ DE VILLARREAL SAÉZ
DR. BERNARDO REQUENA SÁNCHEZ
DR. LUIS SUÁREZ MORENO-ARRONES

SEVILLA, ABRIL 2015



UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE
FACULTAD DEL DEPORTE
DEPARTAMENTO DE DEPORTE E INFORMÁTICA

TESIS DOCTORAL

EFFECTOS DE DIFERENTES MODELOS DE ENTRENAMIENTO DE
FUERZA Y POTENCIA EN LAS CAPACIDADES CONDICIONALES DE
LOS JUGADORES PROFESIONALES DE WATERPOLO

DOCTORANDO

DIRECTORES

RAFAEL RAMOS VELIZ

DR. EDUARDO SAÉZ DE VILLARREAL SAÉZ
DR. BERNARDO REQUENA SÁNCHEZ
DR. LUIS SUÁREZ MORENO-ARRONES

SEVILLA, ABRIL 2015



TESTNEVELÉSI EGYETEM

Doktori Titkárság

1123 Budapest, XII. Alkotás u. 44.

Titkár: Rab Tímea

Tel.: 487-9200/61004, Fax: 487-9200/61350

Email: rab@tf.hu

Tho whom it may concern

I confirm you that Rafael Ramos Veliz has spent a period 3 months (September 1st to December 1st) at the University of Physical Education, Budapest, Hungary.

Mr. Rafael Ramos Veliz has worked diligently and conscientiously in several projects. He has contributed significantly to the experiments performed and I think that the work he did here was important and can be successfully integrated into his thesis. Therefore, I strongly recommend him to be awarded the International PhD with his thesis "EFFECTS OF DIFFERENT MODELS OF STRENGTH AND POWER TRAINING ON CONDITIONAL CAPACITIES ON ELITE WATER POLO PLAYERS" (EFECTOS DE DIFERENTES MODELOS DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA Y POTENCIA EN LAS CAPACIDADES CONDICIONALES DE LOS JUGADORES PROFESIONALES DE WATERPOLO)

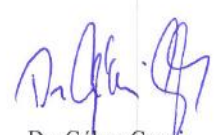


Dr. József Tihanyi

President of the Doctoral Council

PhD supervisor

University of Physical Education



Dr. Gábor Geczi

Associate professor

Doctoral Expert

University of Physical Education

Mis amigos,
un privilegio.

Mi familia,
mis raíces.

Mis padres,
mi fuerza.

Mi mujer,
mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Muchas personas me han ayudado tanto en lo profesional como en lo personal para saborear este día tan especial. Me han enseñado a ver la vida desde otra perspectiva y a todos ellos les dedico nuestra tesis, por su fe, cariño y compromiso hacia mí.

Antes de nada, agradezco a todos los entrenadores y jugadores de waterpolo participantes en los estudios de ésta tesis. Su dedicación y constancia nos han brindado la posibilidad de disfrutar de nuestras investigaciones.

A **Quim Colet**, por su implicación e interés para realizar mis prácticas, fantásticas, con la Federación Catalana de Waterpolo.

A todos mis compañeros y entrenadores de **Club Waterpolo Océano**, **Club Deportivo Epsilon** y **Club Natación Jerez**, con los cuáles he compartido 15 años maravillosos de este gran deporte dentro y fuera de la piscina.

A mis amigos **Ionut Cismaru** y **Robert Mihaila**, por sus enseñanzas y consejos en mis prácticas con el CSA Steaua de Bucarest. Nunca olvidaré la gran experiencia vivencial que tuve con su equipo junior.

A mis supervisores en Budapest, Dr. **Tihanyi József** y Dr. **Géczi Gábor** por su implicación y apoyo durante esos intensos meses.

A toda la familia del **Honvéd**: primer equipo, categorías, trabajadores, entrenadores... por darme la oportunidad de disfrutar de una experiencia única. En especial, tengo que resaltar el apoyo y la confianza que depositó en mí **István Gergely**, un "crack" en lo profesional pero inmensamente grande en su humanidad. Personas como István hacen que merezca la pena luchar por el waterpolo.

A mis amigos de **magisterio**, **LCAFD** y del **máster**. Por seguir teniendo el contacto y disfrutar de su compañía. Ha sido un regalo tenerlos como compañeros y más aún conocerlos fuera de la universidad.

A **José Antonio Romacho**, por contar conmigo y hacerme partícipe en una de las mejores experiencias profesionales y personales que he vivido hasta día de hoy. Metódico y currante extremo, compartíamos nuestra ilusión por y para el deporte, sin importar horarios y esfuerzos de todo tipo. Consideramos y creemos que la competición no implica sólo alcanzar éxitos y mejorar el rendimiento de tu deportista, hay más detrás de todo esto: educar en valores, trabajar en una dinámica integradora y demostrar a nuestros chavales que muchas veces podemos trabajar de una manera impecable y, por lo que sea, no salen las cosas...simplemente les intentamos sugerir que no es algo que ocurra solo en el deporte, es la vida misma. Gracias a mis **chavales**, he aprendido de ellos más de lo que he podido enseñarles o transmitirles.

A **Bernardo y Luis**, por su amabilidad y profesionalidad.

A **Eduardo Sáez de Villarreal**, por otorgarme el privilegio de realizar una tesis de lo que más me apasiona y compartir grandes momentos como tutor-alumno. Con sus consejos y charlas, han dado paso a que lo considere no sólo como un amigo, sino como un hermano mayor.

A mi **familia jerezana**, por acogerme desde del primer día, de tal manera que me sienta como en mi propia casa. Amigos y familia, van unidos. A veces el corazón no entiende de separaciones. Es maravilloso que me hagáis sentir eso.

A mi **familia**, por tener la suerte de vivir momentos inolvidables desde mi infancia. Y los que quedan...

A los que no están ya entre nosotros, los recuerdo continuamente y sé que no me falta su aliento cuando más lo necesito.

A mis **padres**, dedicación y amor sin límites. Me lo han dado todo. La edad que tengo me permite ver cosas que antes a lo mejor daba por sentado y he comprobado que en muchas personas falta, ellos han sabido transmitirme lo más importante: el amor y el respeto por los míos.

A mi mujer, **Ceci**. No hay día que pase que no me sienta afortunado desde aquel mes de abril que nos conocimos...no imagino una vida sin ella. Apoyo constante. Es una bendición sentirse correspondido, mi amor es y será incondicional hacia ti.

En especial, mi última dedicatoria va dirigida a mi abuela **Rosa**. Hemos tenido la gran suerte de disfrutarla hasta sus 86 años. Su vida, da para mucho y es para mí un honor hacerle mi homenaje particular en el día de hoy. No hay palabras suficientes para describirla a ella y el amor inmenso que he sentido siempre por parte de mi "ABUELI". Con ella he aprendido lo que significan muchos símbolos, entre los que destaco: luchar, dignidad y libertad. Jamás te olvidaré.

A TODOS VOSOTROS: ¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡GRACIAS!!!!!!!!!!!!!!

PUBLICACIONES Y COMUNICACIONES DEL AUTOR RELACIONADA CON LA TESIS

Artículos publicados en revistas científicas de impacto (JCR)

- **Ramos Veliz, R**, Requena, B, Suarez-Arrones, L, Newton, RU, & Sáez de Villarreal, E. Effects of 18-week in-season heavy- resistance and power training on throwing velocity, strength, jumping, and maximal sprint swim performance of elite male water polo players. *J Strength Cond Res* 28(4): 1007-1014, 2014.
- Sáez de Villareal, E, Suarez-Arrones, L, Requena, B, Haff, GG, & **Ramos Veliz, R**. Effects of dry-land vs in-water specific strength training on professional male water polo players performance. *J Strength Cond Res* 28(11): 3179-3187, 2014.
- **Ramos Veliz, R**, Suarez-Arrones, L, Requena, B, Haff, GG, Feito, J, & Sáez de Villareal, E. Effects of in-competitive season power-oriented and heavy resistance lower body training on performance of elite female water polo players. *J Strength Cond Res* 29(2): 458-465, 2015.
- Sáez de Villarreal, E, Suarez-Arrones, L, Requena, B, Haff, GG, & **Ramos Veliz, R**. Enhancing performance in elite wp players: dry-land training, in-water training and combined training. *J Strength Cond Res* 29(4): 1089-1097, 2015.

Congresos

Comunicaciones presentadas en forma de artículo mini-oral:

- **Ramos Veliz, R**, Requena, B, & Sáez de Villareal, E. Effects of 18-weeks in-season heavy resistance and high-intensity training on throwing velocity, strength, jumping and maximal sprint swim performance of elite male water polo players. Book of Abstracts of the 18h Annual Congress of the **European College of Sport Science** – 26th - 29th June 2013, pp.502, Barcelona-Spain. ISBN 978-84-695-7786-8.
- **Ramos Veliz, R**, Requena, B, & Sáez de Villareal, E. Effects of in-season lower body heavy resistance and high-intensity training on performance of elite female water polo players. Book of Abstracts of the 18h Annual Congress of the **European College of Sport Science** – 26th - 29th June 2013, pp.502, Barcelona-Spain. ISBN 978-84-695-7786-8.
- **Ramos Veliz, R**, Suárez Arrones, L, Requena, B, & Sáez de Villareal, E. Enhancing performance in elite water polo players: dry-land training, in-water training, and combined training. Book of Abstracts of the 19h Annual Congress of the **European College of Sport Science** – 2nd - 5th July, 2014, pp.502, Amsterdam-Netherlands. ISBN 978-94-622-8477-7.

En los **ANEXOS I y II** se adjuntan las publicaciones y comunicaciones mencionadas.

SUMMARY

Water polo has been played for over a century of life. While the rules have evolved considerably over this time, physiologically sport has remained a highly demanding activity. There are many publications on technical and strategic elements of the game. However, despite the potential for improvements in athletic performance and the maintenance of athlete's health, there are few published studies on the physical and physiological demands and adaptations of the water polo training and competition (Smith, 1998).

In this thesis project, after years of dedication to water polo as a player and strength & conditioning coach in different clubs, I try to show the necessity to deepen a little more about some of the problems to improve sports performance and training effect force on performance in water polo, particularly in specific actions as throwing velocity, maximal sprint swim time and vertical jump. Specifically, strength training is introduced during the preseason and season in water polo team.

The preliminary studies are in research line with the problems of sport today. This line aims to identify those determinants of sport performance and analyze the effect of training loads on performance. Because the field of study of this problem is very broad and complex, will be limited to specific aspects:

- a) Effects of in-competitive season power-oriented and heavy resistance lower body training on performance of elite female water polo players.
- b) Effects of 18 week in Season heavy resistance and power training on throwing velocity, strength, jumping, and maximal sprint swim performance.
- c) Effects of dry-land vs. in-water specific strength training on professional male water polo players' performance.

d) Enhancing performance in elite water polo players: dry-land training, in-water training, and combined training.

As we can see, this has direct application for exercise prescription in all those specialties or types of sports where strength and muscle power play a decisive role in performance.

STUDY 1

We examined the effect of 16 weeks of lower-body resistance and power-oriented training on key performance measures of elite female water polo players. Twenty-one players were randomly assigned to 2 groups: control group (C) who did in-water training only and a lower body strength (LBS) group, who performed resistance (Full-squat and split-squat) and jump and power-oriented lower body training (countermovement jump [CMJ] loaded and CMJ) sessions (twice per week) in addition to the same in-water training. In water training was conducted 5 days per week for a total of 16 weeks. Twenty-meter maximal sprint swim (MSS), lower body strength during 1 repetition maximum (1RM) full-squat (FS), in-water boost and CMJ, and Throwing speed (ThS) was measured before and after the training. Pre-training results showed no statistically significant differences between the groups in any of the variables tested. After 16 weeks, no statistically significant improvement was found in any of the variables measured in the C group, however, significant improvement was found in the LBS group: In-water boost (4.6 cm, 12.02%, effect size [ES] = 1.02), CMJ (2.4 cm, 8.66%, ES = 0.85), FS (12.7 kg, 20.99%, ES = 2.41), ThS (3.4 km/h⁻¹, 6.86%, ES = 3.44). Lower-body resistance and power-oriented training in female water-polo players for 16 weeks produced significant improvements in performance qualities highly specific to water polo performance. Therefore, we propose modifications to current training methodology for female water polo players to include resistance and power-oriented training during the competitive season in this sport.

Keywords: weight-training, throwing speed, maximal sprint swim, in-water boost, CMJ, full-squat.

STUDY 2

We examined the effects of 18 weeks of strength and high-intensity training on key sport performance measures of elite male water polo (WP) players. Twenty-seven players were randomly assigned to 2 groups, control (in-water training only) and strength group, (strength training sessions [twice per week] + in-water training). In-water training was conducted $5 \text{ d} \cdot \text{wk}^{-1}$. Twenty-meter maximal sprint swim, maximal dynamic strength 1-repetition maximum (1RM) for upper bench press (BP) and lower full squat (FS) body, countermovement jump (CMJ), and throwing velocity were measured before and after the training. The training program included upper and lower body strength and high-intensity exercises (BP, FS, military press, pull-ups, CMJ loaded, and abs). Baseline-training results showed no significant differences between the groups in any of the variables tested. No improvement was found in the control group; however, meaningful improvement was found in all variables in the experimental group: CMJ (2.38 cm, 6.9%, effect size [ES] = 0.48), BP (9.06 kg, 10.53%, ES = 0.66), FS (11.06 kg, 14.21%, ES = 0.67), throwing velocity (1.76 km/h^{-1} , 2.76%, ES = 0.25), and 20-m maximal sprint swim (-20.26 seconds, 2.25%, ES = 0.29). Specific strength and high-intensity training in male WP players for 18 weeks produced a positive effect on performance qualities highly specific to WP. Therefore, we propose modifications to the current training methodology for WP players to include strength and high-intensity training for athlete preparation in this sport.

Keywords: throw, CMJ, periodization.

STUDY 3

We compared the effects of 6-week dry-land and in-water specific strength training combined with a water polo (WP) program on 7 sport-specific performance parameters. Nineteen professional players were randomly assigned to 2 groups: in-water strength group (WSG) (in-water training only) and dry-land strength group (LSG). The program included 3 weekly strength training sessions and 5 days of WP training per week for 6 weeks during the preseason. Ten-meter T-agility test, 20-m maximal sprint swim, maximal dynamic strength (1 repetition maximum), bench press (BP) and full squat (FS), in-water boost, countermovement jump (CMJ), and WP throwing speed were measured. Significant improvements ($p \leq 0.05$) were found in the experimental groups in some variables: CMJ in the LSG and WSG (2.35 cm, 9.07%, effect size [ES] = 0.89; and 2.6 cm, 7.6%, ES = 0.83, respectively), in-water boost increased in the WSG group (4.1 cm; 11.48%; ES = 0.70), and FS and BP increased ($p \leq 0.05$) only in the LSG group (12.1 kg; 11.27%; ES = 1.15 and 8.3 kg; 9.55%; ES = 1.30, respectively). There was a decrease of performance in agility test (-0.55 seconds; 5.60%; ES = 0.74). Both dry-land and in-water specific strength training and high-intensity training in these male WP players produced medial to large effects on most WP-specific performance parameters. Therefore, we propose modifications to current training methodology for WP players in preseason to include both the training programs (dry-land and in-water specific strength training and high-intensity training) for athlete preparation in this sport.

Keywords: weight-training, bench press, full squat, preseason.

STUDY 4

We compared the effects of 6 weeks of dry land, in-water specific strength training and plyometric training combined with a water polo (WP) training program on 7 sport-specific performance parameters. Thirty professional players were randomly assigned to 3 experimental groups: combined training (CG), in-water specific strength (WSG), and plyometrics (PG). The program included 3 weekly strength-training sessions and 5 days of WP training per week for a total of 6 weeks during the preseason. Ten-meter T-agility test, 20-m maximal sprint swim, maximal dynamic strength (1 repetition maximum, bench press (BP) and full squat (FS), in-water boost, countermovement jump (CMJ) and throwing speed (ThS) were measured prior to and after the 6 week training period. There were no significant differences between the groups for any of the tested variables prior to the initiation of the 6-week training period. After six weeks of training, significant improvements ($p \leq 0.001$) were found in the PG group for the CMJ (6.1%) and in all groups for the in-water boost (4.4-5.1%) test. The 1RM BP (+7.6-12.6%) and FS (11.5-14.6%) significantly ($p < 0.05$) increased in all groups. Additionally, ThS significantly increased in all groups (11.4-17.5%), while the agility test was significantly decreased (-7.3%) in only the CG group. Combined, in-water specific strength and plyometric training produced medium to large effects on most WP-specific performance parameters. Therefore, we propose preseason WP training should include a combined training program which contains dry land and in water specific strength and plyometric training in order to optimise the WP preparation for competition.

Keywords: plyometrics, weight training, swim sprint, agility, in-water boost.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	28
1. APROXIMACIÓN AL PROBLEMA GENERAL DE ESTUDIO	31
1.1. Origen de la problemática del objeto de estudio.....	31
1.2. Objetivos generales.....	35
1.3. Estado actual del conocimiento sobre la problemática planteada.....	36
1.3.1. Concepto de fuerza	36
1.3.2. Fuerza en el waterpolo	38
1.3.3. Variables fisiológicas del rendimiento en waterpolo	41
1.3.4. Velocidad de lanzamiento	43
1.3.5. Tiempo de nado	45
1.3.6. Pliometría y salto vertical en seco	51
1.3.7. Salto vertical en agua	58
Bibliografía	60
1.4. Formulación del problema	74
1.4.1. Problemas del Estudio 1	74
1.4.2. Problemas del Estudio 2	75
1.4.3. Problemas del estudio 3.....	76
1.4.4. Problemas del Estudio 4	77
1.5. Objetivos específicos	78
1.5.1. Estudio 1	78
1.5.2. Estudio 2	78
1.5.3. Estudio 3	78
1.5.4. Estudio 4	79
1.6. Hipótesis.....	79
1.6.1. Estudio 1	79
1.6.2. Estudio 2	80
1.6.3. Estudio 3	80
1.6.4. Estudio 4	81
Bibliografía	82

2. ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN DESARROLLADOS	87
3. METODOLOGÍA	89
3.1. Estudio 1. Título 1. Efectos de un entrenamiento específico de fuerza en el tren inferior de alta intensidad durante 16 semanas sobre la capacidad de salto, la fuerza máxima, la velocidad de lanzamiento y el tiempo de nado en un equipo profesional de waterpolo femenino.....	89
3.1.1. Introducción.....	89
3.1.2. Diseño experimental y aproximación al problema	91
3.1.3. Sujetos experimentales	92
3.1.4. Protocolo experimental	93
3.1.5. Variables objeto de estudio.....	94
3.1.6. Control de variables extrañas	94
3.1.7. Mediciones.....	95
3.1.7.1. Antropometría	95
3.1.7.2. Test salto vertical en agua	95
3.1.7.3. Test salto vertical CMJ sin carga.....	96
3.1.7.4. Test de sentadilla completa. Fuerza dinámica máxima (1RM) ..	97
3.1.7.5. Test tiempo de nado en 20 metros	98
3.1.7.6. Test de velocidad de lanzamiento.....	99
3.1.8. Procedimiento.....	99
3.1.9. Tratamiento	101
3.1.10. Análisis estadístico	104
3.1.11. Resultados	104
3.1.11.1. Salto vertical en seco (CMJ) y en agua.....	106
3.1.11.2. Fuerza dinámica máxima en sentadilla completa (1RM)	106
3.1.11.3. Velocidad de lanzamiento	106
3.1.11.4. Tiempo de nado en 20 metros.....	107
3.1.12. Discusión	107
Bibliografía.....	111

3.2. Estudio 2. Título 2. Efectos de un entrenamiento específico de fuerza en el tren inferior y superior de alta intensidad durante 18 semanas sobre la capacidad de salto, la fuerza máxima, la velocidad de lanzamiento y el tiempo de nado en un equipo profesional de waterpolo masculino.	114
3.2.1. Introducción	114
3.2.2. Diseño experimental y aproximación del problema	116
3.2.3. Sujetos experimentales	118
3.2.4. Protocolo experimental	118
3.2.5. Variables objeto de estudio.....	119
3.2.6. Control de variables extrañas	119
3.2.7. Mediciones.....	120
3.2.7.1. Antropometría	120
3.2.7.2. Test salto vertical CMJ sin carga.....	120
3.2.7.3. Test tiempo de nado en 20 metros	121
3.2.7.4. Test de sentadilla completa. Fuerza dinámica máxima (1RM) ..	121
3.2.7.5. Test de press de banca. Fuerza dinámica máxima (1RM)	122
3.2.7.6. Test de velocidad de lanzamiento.....	123
3.2.8. Procedimiento.....	124
3.2.9. Tratamiento	125
3.2.10. Análisis estadístico	127
3.2.11. Resultados	127
3.2.11.1. Salto con contramovimiento (CMJ)	128
3.2.11.2. Fuerza dinámica máxima en sentadilla completa y press de banca (1RM).....	128
3.2.11.3. Velocidad de lanzamiento	128
3.2.11.4. Tiempo de nado en 20 metros.....	128
3.2.12. Discusión	129
Bibliografía	134

3.3. Estudio 3. Título 3. Mejora en el rendimiento de jugadores de waterpolo profesionales: Entrenamiento de fuerza en seco y entrenamiento de fuerza en agua.....	138
3.3.1. Introducción.....	138
3.3.2. Diseño experimental y aproximación del problema.....	141
3.3.3. Sujetos experimentales.....	143
3.3.4. Protocolo experimental.....	143
3.3.5. Variables objeto de estudio.....	144
3.3.6. Control de variables extrañas.....	145
3.3.7. Mediciones.....	145
3.3.7.1. Antropometría.....	145
3.3.7.2. Test salto vertical en agua.....	145
3.3.7.3. Test salto vertical CMJ sin carga.....	147
3.3.7.4. Test tiempo de nado en 20 metros.....	147
3.3.7.5. Test de sentadilla completa. Fuerza dinámica máxima (1RM) ..	148
3.3.7.6. Test de press de banca. Fuerza dinámica máxima (1RM)....	149
3.3.7.7. Test de velocidad de lanzamiento.....	150
3.3.7.8. Test de agilidad 10 metros.....	151
3.3.8. Procedimiento.....	152
3.3.9. Tratamiento.....	153
3.3.10. Análisis estadístico.....	156
3.3.11. Resultados.....	157
3.3.11.1. Salto con contramovimiento (CMJ).....	157
3.3.11.2. Salto en agua.....	157
3.3.11.3. Fuerza dinámica máxima en press de banca y sentadilla completa (1RM).....	157
3.3.11.4. Velocidad de lanzamiento.....	158
3.3.11.5. Test de agilidad 10 metros.....	158
3.3.11.6. Test tiempo de nado en 20 metros.....	158
3.3.12. Discusión.....	160
Bibliografía.....	164

3.4. Estudio 4. Título 4. Mejora en el rendimiento de jugadores de waterpolo profesionales: Entrenamiento de fuerza en seco, entrenamiento de fuerza en agua y entrenamiento combinado.	167
3.4.1. Introducción.....	167
3.4.2. Diseño experimental y aproximación del problema.....	169
3.4.3. Sujetos experimentales.....	171
3.4.4. Protocolo experimental.....	171
3.4.5. Variables objeto de estudio.....	172
3.4.6. Control de variables extrañas.....	173
3.4.7. Mediciones.....	173
3.4.7.1. Antropometría.....	173
3.4.7.2. Test salto vertical en agua.....	173
3.4.7.3. Test salto vertical CMJ sin carga.....	175
3.4.7.4. Test tiempo de nado en 20 metros.....	175
3.4.7.5. Test de sentadilla completa. Fuerza dinámica máxima (1RM) ..	176
3.4.7.6. Test de press de banca. Fuerza dinámica máxima (1RM)....	177
3.4.7.7. Test de velocidad de lanzamiento.....	178
3.4.7.8. Test de agilidad 10 metros.....	179
3.4.8. Procedimiento.....	180
3.4.9. Tratamiento.....	181
3.4.10. Análisis estadístico.....	185
3.4.11. Resultados.....	185
3.4.11.1. Salto con contramovimiento (CMJ).....	186
3.4.11.2. Salto en agua.....	186
3.4.11.3. Fuerza dinámica máxima en press de banca y sentadilla completa (1RM).....	186
3.4.11.4. Velocidad de lanzamiento.....	187
3.4.11.5. Agilidad.....	187
3.4.11.6. Tiempo de nado en 20 metros.....	187
3.4.12. Discusión.....	190
Bibliografía.....	194

4. CONCLUSIONES.....	199
Estudio 1	199
Estudio 2	201
Estudio 3	203
Estudio 4	205
 5. CONSIDERACIONES ÉTICAS	 209
 ANEXOS I y II.....	 222

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		Pág.
1	Tabla resumen de las mediciones y los ejercicios utilizados del estudio 1	92
2	Programa de entrenamiento para el grupo experimental del estudio 1	102
3	Entrenamiento semanal tipo durante el estudio 1	103
4	Resultados de los tests de rendimiento en los grupos experimental (GE) y control (GC) antes y después de 16 semanas de entrenamiento en temporada: Salto en agua (cm), CMJ (cm), potencia pico (W), sentadilla completa 1RM (kg), sentadilla completa relativa (kg-1), velocidad de lanzamiento (km/h) and sprint en 20 (seg). Los valores se presentan como media \pm DE. TE: tamaño del efecto.	105
5	Tabla resumen de las mediciones y ejercicios utilizados del estudio 2	117
6	Programa de entrenamiento para el grupo experimental del estudio 2	126
7	Resultados de los tests de rendimiento en los grupos experimental (GE) y control (GC) antes y después de 18 semanas de entrenamiento en temporada: CMJ (cm), press de banca 1RM (kg), sentadilla completa 1RM (kg), velocidad de lanzamiento (km/h) y tiempo de nado en 20 (seg). Los valores se presentan como media \pm DE. TE: tamaño del efecto	127
8	Tabla resumen de las mediciones y ejercicios utilizados del estudio 3	142
9	Programa de entrenamiento para el grupo de fuerza en seco y agua del estudio 3	154

10	Resultados de los tests de rendimiento en los grupos GS y GA antes y después de 6 semanas del entrenamiento en pretemporada. CMJ (cm), salto en agua (cm), press de banca 1 RM (kg), sentadilla 1 RM (kg), velocidad de lanzamiento (km/h), agilidad (seg) y tiempo en 20-m (seg). Los valores se presentan como media \pm DE	159
11	Tabla resumen de las mediciones y los ejercicios utilizados del estudio 4	170
12	Programa de entrenamiento para el grupo de fuerza en seco, fuerza en agua y pliométrico del estudio 4	182
13	Tests de rendimiento en los grupos GS y GA antes y después de 6 semanas del entrenamiento en pretemporada. CMJ (cm), salto en agua (cm), press de banca 1 RM (kg), sentadilla 1 RM (kg), velocidad de lanzamiento (km/h), agilidad (seg) y tiempo en 20-m (seg). Los valores se presentan como media \pm DE	188

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		Pág.
1	Dimensiones del campo de juego en waterpolo	33
2	Expresiones de la fuerza en el waterpolo según la acción que se realice	40
3	Imagen del modelo propuesto para la medición de salto en agua de Platanou (2005)	95
4	Dispositivo <i>T-FORCE System</i> para la evaluación y el entrenamiento de la fuerza	98
5	Pistola y pantalla de radar stalker sport	99
6	Dispositivo <i>T-FORCE System</i> para la evaluación y el entrenamiento de la fuerza	122
7	Pistola y pantalla de stalker sport radar	124
8	Imagen del modelo propuesto para la medición de salto en agua de Platanou (2005)	146
9	Ejecución del ejercicio de sentadilla	149
10	Ejecución del ejercicio de press de banca	150
11	Ejecución del lanzamiento a portería	151
12	Ejecución del test de agilidad	152
13	Imagen del modelo propuesto para la medición de salto en agua de Platanou (2005)	174

14	Ejecución del ejercicio de sentadilla	177
15	Ejecución del ejercicio de press de banca	178
16	Ejecución del lanzamiento a portería	179
17	Ejecución del test de agilidad	180

ABREVIATURAS

1RM: 1 Repetición máxima.

%: Porcentaje.

ANOVA: Modelo estadístico de análisis de la varianza.

CEA: Ciclo estiramiento-acortamiento.

CMJ: Salto con contramovimiento.

CCI: Coeficiente correlación intraclase.

DE: Desviación estándar.

GA: Grupo entrenamiento de fuerza en agua.

GC: Grupo control.

GCD: Grupo entrenamiento de fuerza combinado.

GE: Grupo experimental.

GP: Grupo entrenamiento de fuerza pliométrico.

GS: Grupo entrenamiento de fuerza en seco.

MANOVA: Modelos estadístico multivariante de la varianza.

PB: Ejercicio de press de banca.

SEG: Segundo.

SEN: Ejercicio de sentadilla completa.

SJ: Salto sin contramovimiento.

SNC: Sistema nervioso central.

SPSS: Paquete estadístico para ciencias sociales.

TE: Tamaño del efecto.

WP: Waterpolo.

ABBREVIATIONS

1RM: 1 Repetition maximum.

%: Percentage.

BP: Bench press exercise.

C: Control group.

CM: Centimeter.

CMJ: Countermovement jump.

CG: Combined group.

ES: Effect size.

FS: Full squat exercise.

KG: Kilogram.

KM/H⁻¹: Kilometer per hour.

LBS: Lower body strength group.

LSG: Dry-land strength group.

MSS: Twenty-meter maximal sprint swim.

PG: Plyometric group.

SD: Standar desviation.

SJ: Squat jump.

SPSS: Statistical package for the social sciences.

ThS: Throwing speed.

WSG: In-water strength group.

WP: Water polo.

Introducción

INTRODUCCIÓN

El waterpolo es un deporte con más de un siglo de vida. Si bien las reglas del juego han evolucionado considerablemente a lo largo de este tiempo, fisiológicamente este deporte se ha mantenido como una actividad muy exigente. Existen bastantes publicaciones sobre los elementos técnicos y estratégicos del juego, sin embargo, a pesar del potencial de mejora en el rendimiento deportivo y el mantenimiento de la salud de los atletas, hay pocos estudios publicados sobre las demandas físicas y fisiológicas, y las adaptaciones en el entrenamiento y la competición de waterpolo.

En ésta Tesis Doctoral, tras años de dedicación al waterpolo como jugador y preparador físico en diversos equipos, intento reflejar la necesidad de profundizar un poco más sobre algunos de los problemas planteados para la mejora del rendimiento deportivo y del efecto del entrenamiento de fuerza sobre el rendimiento en waterpolo, concretamente en acciones específicas como son la velocidad de lanzamiento, el tiempo de nado y el salto vertical. En concreto, se introduce el entrenamiento de la fuerza durante la pretemporada y la temporada de un equipo de waterpolo.

Los estudios realizados siguen la línea de la problemática del deporte en la actualidad. Ésta línea pretende identificar aquellos factores determinantes del rendimiento físico-deportivo y analizar el efecto de las cargas de entrenamiento sobre el rendimiento. Debido a que el campo de estudio de ésta problemática es muy amplio y complejo, ha sido acotado a aspectos concretos:

a) Efectos de un entrenamiento específico de fuerza en el tren inferior de alta intensidad durante 16 semanas sobre la capacidad de salto, la fuerza máxima, la velocidad de lanzamiento y el tiempo de nado en un equipo profesional de waterpolo femenino.

b) Efectos de un entrenamiento específico de fuerza en el tren inferior y superior de alta intensidad durante 18 semanas sobre la capacidad de salto, la fuerza máxima, la velocidad de lanzamiento y el tiempo de nado en un equipo profesional de waterpolo masculino.

c) Mejora en el rendimiento de jugadores profesionales de waterpolo: Entrenamiento de fuerza en seco versus agua.

d) Mejora en el rendimiento de jugadores profesionales de waterpolo: Entrenamiento de fuerza en seco, en agua y combinado.

Como veremos, esto tiene aplicación directa para la prescripción del ejercicio en todas aquellas especialidades o modalidades deportivas donde la fuerza y la potencia muscular juegan un papel decisivo en el rendimiento.

1. Aproximación al problema general de estudio

1. APROXIMACIÓN AL PROBLEMA GENERAL DE ESTUDIO

1.1. Origen de la problemática del objeto de estudio

El waterpolo surgió en Reino Unido a finales del siglo XIX. Es uno de los deportes olímpicos pioneros, ya que está presente desde los Juegos Olímpicos de París de 1900 hasta la actualidad. Históricamente, las naciones europeas han dominado la participación y el medallero olímpico aunque este deporte ha ido extendiendo su popularidad a países como Estados Unidos, Canadá, Australia y países asiáticos. Además, hay que resaltar la inclusión del waterpolo femenino en las olimpiadas de Sydney 2000, que permitirá desarrollar y fomentar una mayor participación a nivel nacional e internacional.

Un partido de waterpolo consta de 4 períodos de 8 minutos de juego, donde habrá dos minutos de intervalo de descanso entre el primer y el segundo período de juego y entre el tercero y el cuarto, y cinco minutos entre el segundo y el tercero. En caso de llegar al final del partido con el resultado de empate y fuera necesario un ganador se procederá al lanzamiento de la tanda de penaltis para determinar el resultado. La duración total de los partidos internacionales y nacionales es de aproximadamente 52-60 minutos. Cada cuarto tiene una duración de unos 12 minutos y el tiempo de funcionamiento real entre cuartos promedios 2,5 minutos (Smith, 1998; Hohmann *et al.*, 1991).

El juego está caracterizado por su naturaleza intermitente lo que requiere una variedad de acciones diferentes de gran intensidad, con una duración < 15 segundos (Smith, 1998; Hohmann *et al.*, 1991). Las actividades de alta intensidad se intercalan con otras de baja intensidad y duración similar, y ocasionalmente con períodos más largos de recuperación, tales como los tiempos de descanso entre los cuartos del partido. En cuanto a los movimientos de los jugadores, hay muy pocas restricciones como los paros temporales frecuentes en el tiempo real de juego, así que los jugadores rara

vez están inactivos durante cada cuarto de juego. En cuanto a las demarcaciones especializadas de juego podemos clasificarlas en dos tipologías: los porteros y, los jugadores de campo, como delanteros centro (boyas), los defensores centrales (cubre-boyas) o los jugadores de perímetro (laterales y extremos). Durante un partido, los jugadores de campo serán sustituidos con frecuencia. De los 13 jugadores integrantes para la celebración de un partido, constarán de 2 porteros y 11 jugadores de campo. Cada equipo elige la mejor combinación para formar su convocatoria, pero podríamos sugerir a nivel general la siguiente estructura: 2 boyas, 3 defensores centrales y 6 jugadores exteriores. Durante el transcurso del partido, sólo podrán estar en el agua un máximo de 1 un portero y 6 jugadores de campo.

En cuanto al campo de juego donde se desarrolla el waterpolo consta de las siguientes características (RFEN, 2013):

- La distancia entre las dos líneas de gol no será inferior a 20 metros ni superior a 30 metros en los encuentros de categoría masculina. Para los encuentros de categoría femenina, la distancia entre las dos líneas de gol no será inferior a 20 metros ni superior a 25 metros.
- La anchura del campo de juego deberá estar comprendida entre 10 y 20 metros.
- El límite del campo de juego se situará 0,30 metros detrás de la línea de gol.

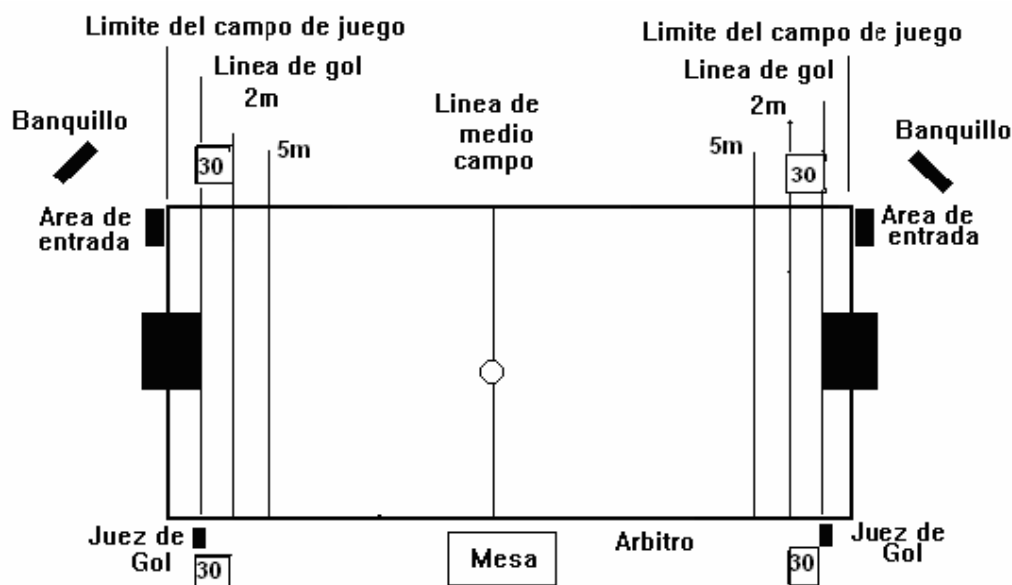


Figura 1. Dimensiones del campo de juego en waterpolo.

A pesar de un gran número de publicaciones científicas en los aspectos técnicos y tácticos de waterpolo, la literatura basada en investigaciones sobre éste deporte es limitada. Los primeros estudios se centraron en las características morfológicas de los jugadores (Hebbelinck *et al.*, 1975) sobre los aspectos de arrastre y propulsión durante las actividades de waterpolo (Clarys, 1979) y la biomecánica de la patada, crol y las técnicas generales de lanzamiento (Clarys, 1983; Davis *et al.*, 1977). Recientemente se han evaluado las características fisiológicas de los jugadores de waterpolo, y las demandas fisiológicas del deporte y sus entrenamientos (Smith, 1991; Sardella *et al.*, 1990; Pinnington *et al.*, 1986; Hollander *et al.*, 1994; Rodríguez, 1994; Hohmann *et al.*, 1991).

En la actualidad, el entrenamiento dirigido a deportistas suele estar orientado en gran medida a la formación integral, dentro de un enfoque evolutivo-educativo en el cual se debe enfocar hacia un desarrollo y crecimiento personal dentro del contexto deportivo (Smoll *et al.*, 1996). Por tanto, buscamos el desarrollo integral de un deportista por medio de objetivos en tareas que propongan demandas en las cualidades físicas condicionales y motrices, sin obviar el dominio de la técnica básica de manejo de balón,

fundamental para el disfrute del juego y perteneciente de la primera fase en la estructura de la enseñanza del juego (Garganta *et al.*, 1997).

- Las cualidades motrices, (coordinación, agilidad y equilibrio) se trabajan a través de ejercicios integrados por habilidades motrices básicas (saltos, giros, desplazamientos, cuadrupedias,...).
- Las cualidades físicas condicionales (velocidad, resistencia, flexibilidad y fuerza), en la actualidad tienden a que se trabajen de forma implícita en tareas y juegos. Si bien, se pueden buscar formas de enseñanzas más analíticas.

En los últimos años, el entrenamiento de la fuerza ha adquirido un papel imprescindible en la planificación del entrenamiento puesto que influye de forma positiva en la mejora de las demás cualidades y, por tanto, en un mayor rendimiento del deportista. Existen estudios recientes (Stabenow *et al.*, 2009; Jeffrey *et al.*, 2001) en los que se demuestra que con el entrenamiento de fuerza adecuado, hay una mayor respuesta a las demandas fisiológicas que toda actividad física requiere.

Por tanto, deducimos que la fuerza es beneficiosa y debe entrenarse siguiendo una adecuada progresión desde las primeras etapas de formación, aportando el estímulo adecuado para crear adaptaciones beneficiosas a los practicantes en cuestión, los waterpolistas.

1.2. Objetivos generales

Por tanto, la problemática de objeto de estudio gira en torno a los siguientes objetivos generales:

Comprobar los efectos de un entrenamiento específico de fuerza en el tren inferior de alta intensidad durante 16 semanas sobre la capacidad de salto, la fuerza máxima, la velocidad de lanzamiento y el tiempo de nado en un equipo profesional de waterpolo femenino.

Comprobar los efectos de un entrenamiento específico de fuerza de alta intensidad en el tren inferior y superior durante 18 semanas sobre la capacidad de salto, la fuerza máxima, la velocidad de lanzamiento y el tiempo de nado en un equipo profesional de waterpolo masculino.

Comprobar los efectos de un entrenamiento de fuerza en seco versus agua en el rendimiento de jugadores de waterpolo masculino.

Comprobar los efectos de un entrenamiento de fuerza en seco, en agua y combinado en el rendimiento de jugadores de waterpolo masculino.

1.3. Estado actual del conocimiento sobre la problemática planteada

1.3.1. Concepto de fuerza

En la actualidad, la fuerza muscular es reconocida como una cualidad física fundamental para cualquier atleta o entrenador con el objetivo de la mejora del rendimiento deportivo. La fuerza es importante en todas las disciplinas deportivas y un factor determinante del rendimiento en la mayoría de ellas. En los últimos tiempos, la aplicación de principios científicos para el estudio del rendimiento de los atletas ha recibido mayor atención. Por tanto, la búsqueda de nuevas técnicas para incrementar la fuerza y optimizar la preparación del deportista son aspectos clave para garantizar la calidad en la práctica deportiva.

En la gran mayoría de los deportes, el éxito depende prioritariamente de la explosividad. González-Badillo *et al.*, (2002) consideran que el progreso en los deportes de alto rendimiento ha venido de la mano del entrenamiento de fuerza, especialmente en especialidades de corta o moderada duración. Por tanto, en el salto, en el lanzamiento, en el nado, y en otras muchas actividades deportivas, el atleta debe ser capaz de utilizar su fuerza cada vez con mayor rapidez. La aplicación más rápida de la fuerza mejora la relación fuerza-tiempo o producción de fuerza en la unidad de tiempo (fuerza explosiva), así como la potencia desarrollada en cualquier acción deportiva. Un incremento en la potencia da al atleta la posibilidad de mejorar su rendimiento en deportes en los que se busca la mejora de la relación velocidad-fuerza, ya que significa para el atleta rematar mejor, interceptar antes un balón, saltar más o lanzar más rápido.

El entrenamiento de fuerza al que denominamos como "clásico" es aquel que se realiza mediante ejercicios con cargas externas o resistencias, cuyo peso hay que vencer generalmente en contra de la gravedad, a través de la acción muscular. Las resistencias a vencer normalmente son pesos libres (conocidas

como halteras) o máquinas con palancas o poleas. También existen otras formas de trabajo de la fuerza menos usuales empleándose dispositivos hidráulicos, gomas elásticas, resortes, etc.

Nuestra investigación hace referencia al entrenamiento tradicional de fuerza con pesas, ya que parece claro que es el más útil para mejorar el rendimiento (Izquierdo *et al.*, 2008), además de ser el más accesible y aplicable a la mayoría de los deportes. Por tanto, realizar un entrenamiento sistemático de fuerza es el mejor método para mantener o incrementar la masa magra, la fuerza muscular y la potencia (McCartney, 1999). Hasta la fecha no existen estudios que hayan desarrollado una programación de entrenamiento de fuerza y sus efectos en waterpolo, por lo que se desconocen muchos aspectos importantes del mismo.

A la hora de programar un entrenamiento de fuerza, debemos manejar varias variables como son: volumen (número de series y repeticiones); intensidad (expresada como porcentaje de 1RM o número máximo de repeticiones por serie); tipo y orden de los ejercicios a emplear; duración de los tiempos de recuperación entre series y ejercicios, relación entre el tiempo de trabajo y descanso (Kraemer *et al.*, 2004) y la velocidad de ejecución (González-Badillo *et al.*, 2002).

Para expresar la intensidad nos centraremos en la velocidad de ejecución. Ésta última es una variable clave en el entrenamiento de fuerza, y más aún, cuando ésta va dirigida a la mejora del rendimiento en una especialidad deportiva, concretamente el waterpolo. La velocidad de ejecución determina la intensidad debido a que las exigencias neuromusculares y los efectos del entrenamiento dependen principalmente de la propia velocidad a la que se desplazan las cargas. A mayor velocidad conseguida ante una misma resistencia, mayor será la intensidad, e influyendo en el efecto del entrenamiento (González-Badillo *et al.*, 2002).

1.3.2. Fuerza en el waterpolo

Desde la década de los 90, el concepto de entrenamiento de fuerza en waterpolo ha adquirido progresivamente importancia junto a la aparición de investigaciones y tecnologías para su conocimiento y estudio.

Toda especialidad deportiva presenta una estructura y organización que determinan sus exigencias y demandas condicionales. Por tanto, la importancia en el rendimiento físico y deportivo de conocer y valorar los parámetros fisiológicos de la modalidad deportiva y de aquellos tests que nos proporcionen unas medidas fiables y válidas, nos permitirán acercarnos a la diana del entrenamiento deportivo.

Es fundamental que la programación del entrenamiento vaya acompañada de un buen control de los efectos que se están produciendo en los estímulos proporcionados al deportista, y como no puede ser de otro modo, esto sólo lo podemos conseguir con una medición sistemática y bien realizada de las variables que se consideren más relevantes para el rendimiento específico.

Lamentablemente, la literatura existente sobre este deporte es escasa y limitada. Si añadimos que en el deporte del waterpolo hay una gran laguna de tests que nos ayuden a la valoración del rendimiento específico junto a la problemática que plantea el medio donde se desarrolla, la posibilidad de realizar la valoración de la fuerza se puede hacer al menos para conseguir los siguientes objetivos (González-Badillo *et al.*, 2002):

- *Controlar el proceso de entrenamiento / cambios en el rendimiento.*
- *Valorar la relevancia de la fuerza y la potencia en el rendimiento específico: varianza explicada.*
- *Definir las necesidades de fuerza y potencia.*
- *Definir el perfil del deportista: puntos fuertes y débiles.*
- *Comprobar la relación entre los progresos en fuerza y potencia y el rendimiento específico: relación entre cambios.*
- *Predecir los resultados.*

- *Prescribir el entrenamiento* más adecuado en función de:
 - Las necesidades de fuerza y potencia en el deporte y del propio sujeto.
 - Los resultados de los tests realizados hasta el momento.
- Valoración de la *influencia de la fuerza y la potencia sobre las demás cualidades*.
- *Discriminar* entre deportistas del mismo y de diferentes niveles deportivos.
- Contribuir a la *identificación de talentos*.

Entonces, debemos conocer los distintos elementos que forman parte de este deporte, observando con detenimiento qué acciones realizan los diferentes jugadores y su demarcación, para optimizar el rendimiento a través de un entrenamiento integral (en voga) que facilite y beneficie el juego en la competición, como son: aceleraciones y desaceleraciones de distintas intensidades, saltos, lanzamientos, diferentes acciones defensivas entre sí, luchas,... siempre encadenadas con orden aleatorio, según las exigencias del juego, y sin garantías de que vaya a ser la última acción a llevar a cabo durante el partido. Por ello, la demanda neuromuscular es muy importante, y el trabajo de fuerza adecuado incluido en la planificación del entrenamiento debe estar garantizado.

Deducimos que es la cualidad condicional más importante a tratar en el waterpolo (junto con la velocidad y sin eludir el trabajo integrado con el resto de cualidades) (Seirulo, 1995) sabiendo que se puede obtener muchos y buenos resultados enfocando su entrenamiento de modo correcto, adaptado a las características y necesidades de los sujetos, así como teniendo en cuenta la disciplina deportiva en la que estamos involucrados, de tal forma que influirá en un mayor desarrollo de las demás cualidades físicas (tanto condicionales como motrices). Junto a las acciones físicas realizadas en el juego, irán acompañadas por otras acciones y decisiones técnicas y tácticas, en las cuales el jugador debe combinar la elección correcta y sus condiciones físicas en las que se encuentra, las que nos garantizarán mayor opción de éxito en las distintas fases del juego.

González-Badillo *et al.*, (1997), plantean un concepto que es indispensable para cualquier disciplina deportiva, la fuerza útil: “la que se puede aplicar o manifestar a la velocidad con la que se realiza el gesto deportivo”. Debido a que todas las acciones y los gestos anteriormente descritos y añadiendo la dificultad de tener a un contrario delante, nos obligan a realizarlas a la máxima velocidad posible, buscando nuestro objetivo final: ganar. Por tanto, el entrenamiento de fuerza en waterpolo nos interesa de forma óptima, no máxima.

Seirulo (1995) nos expone varias expresiones de fuerza en el waterpolo:

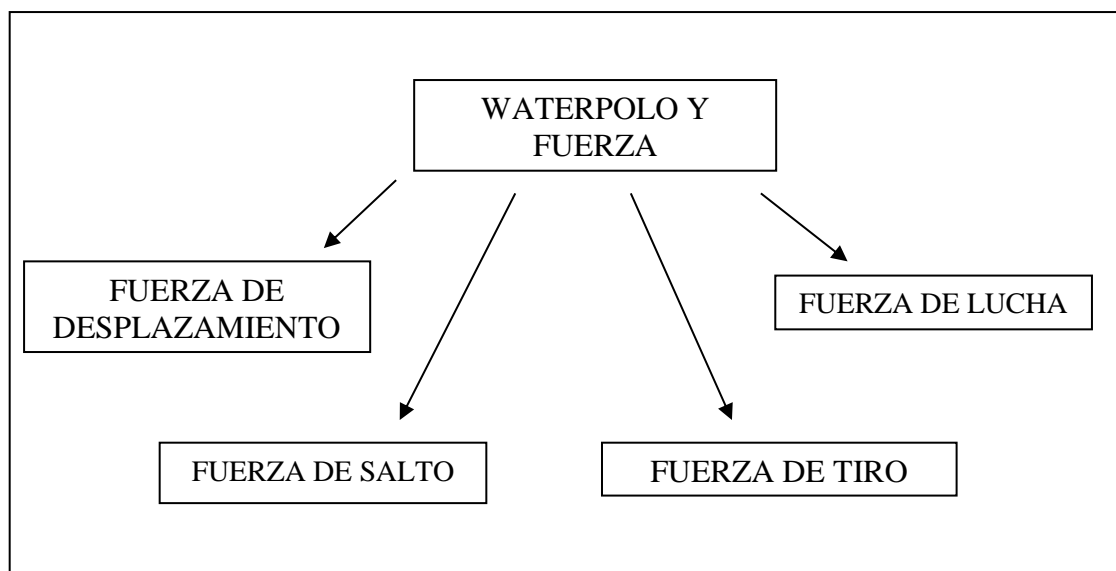


Figura 2. Expresiones de la fuerza en el waterpolo según la acción que se realice.

1.3.3. Variables fisiológicas del rendimiento en waterpolo

El modelo de ejercicio en deportes colectivos se identifica con la capacidad de repetir *sprints* múltiples, más conocido en la literatura científica como *repeated sprint ability* (RSA), ampliamente abordado en los últimos años (Meckel et al., 2013). Igualmente, los estudios que relacionan el efecto de la carga en competición evidencian que el uso del metabolismo glucolítico, tanto aeróbico como anaeróbico, parece tener una importancia mayor de la que se pensaba hasta ahora. Su estudio puede aportarnos información práctica para ajustar las cargas de entrenamiento, conocer la situación metabólica de cada jugador durante la competición y para diseñar estrategias nutricionales y de recuperación de la fatiga.

En deportes de esfuerzos intermitentes como es el caso del waterpolo, requieren mantener la capacidad tanto aeróbica como anaeróbica, durante los 32 minutos de juego. Esto exige periodos cortos de máxima intensidad intercalados con espacios de recuperación, las acciones de máxima intensidad van unidas con acciones técnicas de mucha precisión como un pase, un lanzamiento, un salto, etc. Si éstas son realizadas de manera regular requieren una alta demanda de la capacidad anaeróbica láctica, lo que conlleva hacia una aguda deteriorización en el rendimiento muscular, afectando al sistema nervioso central (SNC) (Sáez de Villareal, 2005). Los parámetros antropométricos y los altos niveles de fuerza, potencia y velocidad de lanzamiento son los aspectos de mayor importancia para obtener ventaja, para el éxito de los jugadores de élite (Terrados et al., 2011).

La duración de la recuperación así como la duración de la intensidad o carga del trabajo, son importantes para la regulación del esfuerzo fisiológico durante el ejercicio intermitente. En el plano fisiológico, descensos de la potencia cuando se realizan esfuerzos de máxima intensidad en acciones intermitentes (Aziz et al., 2002), han sido relacionados con:

- Continua degradación de fosfocreatina.
- Aumentos en la demanda metabólica a nivel de la glucogenólisis y glucólisis.
- Incrementos en la concentración de ácido láctico muscular.
- Grandes reducciones en el PH muscular.
- Descenso en la resíntesis y utilización del ATP.
- Inhibición de enzimas glucolíticas.

Un partido típico de waterpolo dura entre una hora y hora y media, y se caracteriza por esfuerzos de variada intensidad y duración. Las acciones son generalmente cortas (<15 seg) e intensas con momentos de recuperación limitados. La proporción de actividad-descanso en un partido puede ser de 5:2 (Smith, 1998). Los jugadores realizan esfuerzos superiores al 80 % de la frecuencia cardíaca máxima de manera constante durante el partido (Hollander *et al.*, 1994, citado por Tsekouras 2005).

Durante el tiempo que dura el partido, el estado físico del deportista varía dependiendo de factores como el tipo de esfuerzo que realiza (desplazamientos, funciones defensivas, pases constantes y lanzamientos con precisión), la duración del mismo, la relación entre el tiempo que duran los esfuerzos y las pausas, etc.

Por tanto, Smith (1998) sugiere que las demandas de los sistemas energéticos durante un partido de waterpolo de gran nivel competitivo están recogidas en los siguientes porcentajes:

- 50-60 % Sistema aeróbico.
- 30-35 % Sistema anaeróbico aláctico.
- 10-15 % Sistema anaeróbico láctico.

De todos modos, debemos aclarar que prácticamente todos los investigadores están de acuerdo en la predominancia de los sistemas energéticos, pero no en los porcentajes de los mismos.

1.3.4. Velocidad de lanzamiento

El waterpolo es un deporte colectivo que combina esfuerzos de alta intensidad y corta duración, con momentos de descanso o de baja intensidad, el cual requiere resistencia para durar un partido de 32 minutos, y tener la capacidad de poder ejecutar movimientos rápidos y explosivos, como el lanzamiento y el bloqueo, y la velocidad para realizar contraataques y robos de balón (Stevens *et al.*, 2010). Además, es un deporte de contacto físico, dando lugar a acciones como la lucha cuerpo a cuerpo contra los rivales como bloqueos, agarres, contactos y empujones (Smith, 1998; Van der Wende, 2005). Por tanto, el desarrollo de las características antropométricas y, la optimización del entrenamiento de las capacidades físicas específicas son dos puntos clave para formar a jugadores más fuertes y más rápidos (Aleksandrovic *et al.*, 2007; Lozovina *et al.*, 2004; Mészáros *et al.*, 1998).

El lanzamiento es una de las habilidades más decisivas (Smith, 1998; Van der Wende, 2005), ya que la velocidad del balón hacia la portería es una característica muy importante en el waterpolo y depende de la fuerza muscular, la técnica y la sincronización adecuada de los diferentes segmentos corporales (Joris *et al.*, 1985). La combinación de la velocidad del balón y la precisión en el lanzamiento es uno de los factores clave: cuanto más rápido y ajustado se lance el balón, menos tiempo tiene el portero y los defensores para desviar la pelota, por lo que aumenta la probabilidad de marcar gol. Hay numerosos estudios que profundizan en el análisis biomecánico del lanzamiento del penalti (Clarys *et al.*, 1992; Clarys *et al.*, 1970; Davis *et al.*, 1977; Elliot *et al.*, 1988; Feltner, 1994; Feltner *et al.*, 1996; Feltner *et al.*, 1997; Stirn *et al.*, 2006; Van der Wende, 2005; Whiting *et al.*, 1985), pero los estudios

que incluye al portero y a los jugadores de campo son escasos (Davis *et al.*, 1977; Van der Wende, 2005; Freeston *et al.*, 2014).

Son pocos los estudios que analizan la fuerza y la velocidad de lanzamiento de las extremidades superiores en el waterpolo (Bloomfield *et al.*, 1990; McMaster *et al.*, 1990). De hecho, se ha estudiado poco acerca de la determinación de la fuerza y velocidad de lanzamiento de las extremidades superiores en jugadores de waterpolo. McMaster (1990) lo analizó a través de mediciones isocinéticas, con el propósito de detectar problemas en desequilibrios musculares, y Bloomfield *et al.*, (1990) analizaron la relación entre la fuerza y la velocidad de lanzamiento, y su relación con parámetros antropométricos. No hay estudios más profundos sobre la programación de fuerza en waterpolo, pero si en otros deportes colectivos como el balonmano (Gorostiaga *et al.*, 2005; Joris *et al.*, 1985; Van den Tillar, 2004).

Por tanto, poseer la habilidad de realizar lanzamientos rápidos y precisos en waterpolo, concretamente a la hora de lanzar a portería, es fundamental para conseguir un gol. Un aumento en la velocidad de lanzamiento reduce el tiempo que tiene el portero para detectar la trayectoria del lanzamiento y lograr pararlo (Bloomfield *et al.*, 1990; McCluskey *et al.*, 2009). Según Vila *et al.*, (2009) encontraron que las mayores velocidades de lanzamiento eran aquellas donde no había portero; mientras que cuando se introdujo una situación táctica con portero, las velocidades obtenidas fueron menores (Van der Wende, 2005). Es importante destacar que no siempre un lanzamiento rápido es lo más adecuado, en algunas ocasiones la precisión es lo más importante (Van der Wende, 2005). Pero sí es cierto que la velocidad que un jugador es capaz de aplicar al balón continúa siendo importante, y si no se tienen niveles elevados de la misma, no es posible lograr elevados niveles de rendimiento. Se han realizado estudios en los que se analiza la velocidad de lanzamiento (Bloomfield *et al.*, 1990; Davis *et al.*, 1977; Elliot *et al.*, 1988; Feltner *et al.*, 1996; Van der Wende, 2005; Whiting *et al.*, 1985).

1.3.5. Tiempo de nado

Para el análisis de esta variable hemos tenido en cuenta la gran revisión de Morouço *et al.*, (2012). El rendimiento en natación es altamente dependiente de la fuerza muscular y la potencia (Sharp *et al.*, 1982; Costill *et al.*, 1986; Tanaka *et al.*, 1993; Tanaka *et al.*, 1998; Girolid *et al.*, 2007). Usando una variedad de tests, la fuerza muscular del tren superior del cuerpo y la potencia de nado han demostrado que se correlaciona bien con la velocidad de nado (Sharp *et al.*, 1982; Costill *et al.*, 1986; Toussaint *et al.*, 1990; Hawley *et al.*, 1991; Tanaka *et al.*, 1998; Aspenes *et al.*, 2009). Por lo tanto, las mejoras en la fuerza en brazos pueden producir una mayor fuerza máxima por prueba, y como consecuencia con mayor velocidad de nado, especialmente en las distancias de sprint (Strzala *et al.*, 2009; Morouço *et al.*, 2011).

El entrenamiento de fuerza en seco tiene como objetivo aumentar la potencia máxima a través de una sobrecarga de los músculos que se utilizan en la natación (Tanaka *et al.*, 1993) y puede mejorar la técnica de nado (Maglischo, 2003). Si estos dos puntos son correctos, entonces el aumento de la fuerza muscular podría mejorar el rendimiento de la natación. Sin embargo, los resultados de los experimentos realizados no son concluyentes (Tanaka *et al.*, 1993; Trappe *et al.*, 1994; Girolid *et al.*, 2007; Garrido *et al.*, 2010).

Relación entre las evaluaciones de fuerza/potencia en seco con el rendimiento en natación

El objetivo final de un nadador competitivo es gastar el tiempo mínimo que cubre una distancia conocida. En consecuencia, cuando la distancia a nado disminuye también lo hace el número de brazadas. Por lo tanto, para las distancias competitivas más cortas se ha señalado que la fuerza es uno de los principales factores que pueden aumentar la velocidad de nado (Toussaint, 2007). Por otra parte, en relación a la fuerza y la técnica, si la distancia disminuye, el papel de la fuerza aumenta, cuando se comparan con los

parámetros técnicos (Wilke *et al.*, 1990; Stager *et al.*, 2005; Morouço *et al.*, 2011).

Durante las tres últimas décadas, las mediciones en seco de la fuerza y la potencia se realizaron con la fuerza isocinética e isométrica (Garrido *et al.*, 2010; Morouço *et al.*, 2011). Esta evaluación señaló que es útil para entender cuánto se basa el rendimiento en natación en estos parámetros, y además para mejorar los programas de entrenamiento. En uno de los estudios pioneros, Sharp *et al.*, (1982) evaluaron a 22 nadadoras y 18 nadadores, y afirmaron que la potencia muscular del brazo en un banco de natación biocinético está altamente relacionada con la velocidad de nado en 25 metros en el estilo crol ($r = 0,90$). Estos resultados fueron corroborados por los experimentos en un cicloergómetro (sólo con los brazos). Hawley *et al.*, (1991) evaluaron la potencia anaeróbica en el tren superior de 30 nadadores por grupos de edad (14 nadadores y 16 nadadoras), presentando correlaciones moderadas-altas en la potencia pico, la potencia media y el índice de fatiga en la prueba de velocidad de los 50 metros ($r = 0,82$, $r = 0,83$, $r = 0,41$, respectivamente). Adicionalmente, el mismo grupo de investigación (Hawley *et al.*, 1992) indicó que los índices de potencia para las piernas no aumentaron la estimación de 50 metros en el rendimiento del nado, mientras que en los brazos, la potencia sí es importante en las pruebas de natación más largas (400 m). Otros estudios apoyan estas relaciones (Rohrs *et al.*, 1990; Johnson *et al.*, 1993; Strzala *et al.*, 2009; Garrido *et al.*, 2010). Sin embargo, la validez de las correlaciones parece ser engañosa en los estudios anteriormente mencionados mediante el uso de muestras heterogéneas en edad, sexo y posiblemente la maduración de los individuos. Conclusiones dudosas de los grupos heterogéneos de natación se reconocieron (Costill *et al.*, 1983; Rohrs *et al.*, 1990). Por otra parte, la utilización del banco de natación biocinético o cicloergómetro con los brazos es una prueba muy utilizada e importante, pero que sólo valora el tren superior y, por tanto, no podemos descuidar el papel de los miembros inferiores y el balanceo del cuerpo, y su importancia para la coordinación del mismo.

Los efectos beneficiosos sobre la economía de nado a través de diferentes mecanismos (por ejemplo, mejora de la potenciación refleja, alteraciones de los sinergistas) pueden ser causados por el entrenamiento de fuerza en seco (Aspenes *et al.*, 2009). Por otra parte, el entrenamiento de fuerza en seco es una práctica común en el entrenamiento de la natación, aunque la evidencia científica es aún escasa (Aspenes *et al.*, 2009; Garrido *et al.*, 2010). En realidad, pocos estudios han evaluado las relaciones entre los parámetros de fuerza y el entrenamiento de fuerza (por ejemplo, el press de banca) y el rendimiento en el nado. Johnson *et al.*, (1993) evaluaron una repetición máxima de press de banca (resultados no publicados) de 29 nadadores (edades comprendidas entre los 14-22 años) y la velocidad de nado en 25 metros (que van desde 1,72 hasta 2,31 ms⁻¹). Estos autores sugirieron que esta medición de fuerza en seco no contribuyó significativamente a la predicción de la velocidad de sprint. Debe tenerse en cuenta las edades y tomarse en consideración, especialmente a que dentro de este rango se producen cambios significativos en el somatotipo. Por medio de un grupo más homogéneo, Garrido *et al.*, (2010) presentaron una correlación moderada pero significativa entre 6 repeticiones máximas de press de banca y el rendimiento en natación (ambos tiempos de nado en 25 m y 50 m; $p \sim -0.58$, $p < 0.01$) con jóvenes nadadores. Desde nuestro conocimiento, los únicos autores que evaluaron parámetros de fuerza utilizando más ejercicios fueron Crowe *et al.*, (1999). El estudio evaluó una repetición máxima en press de banca, máquina de polea y tríceps en polea, para nadadores masculinos y femeninos. Aunque se obtuvieron relaciones significativas entre los 3 ejercicios y los valores de fuerza medidos, una correlación significativa con el rendimiento en natación sólo se verificaron en la máquina de polea para el grupo de nadadoras ($r = 0,64$, $p < 0,05$).

Los estudios mencionados anteriormente sólo evalúan la carga máxima que los nadadores pueden lograr durante repeticiones máximas, lo cual está más relacionado con la fuerza máxima que con la fuerza explosiva (González-Badillo *et al.*, 2010). Con el fin de superar estas limitaciones, Domínguez-Castells *et al.*, (2011) utilizaron un codificador lineal de velocidad lineal

midiendo la potencia desarrollada en el press de banca por medio de las repeticiones a máxima velocidad. Los autores señalaron una relación moderada entre la potencia máxima en el press de banca y la potencia de nado ($r = 0,63$), pero no presentan el valor r con velocidad de nado. Esta es una primera aproximación a nuevos conocimientos relacionados con el entrenamiento de fuerza por lo que sugerimos que son necesarios más estudios.

En resumen, los resultados incongruentes de los experimentos desarrollados hasta ahora, señalan que las asociaciones de la fuerza en seco y el rendimiento en el nado siguen siendo inciertas. Más estudios son necesarios y deben: a) evaluar los grupos homogéneos de sujetos, b) evaluar los parámetros de fuerza / potencia en más ejercicios de fuerza con solicitaciones musculares similares a los movimientos de la natación, y c) estudio de los parámetros (por ejemplo, una repetición máxima o la velocidad de desplazamiento) son más apropiados para explicar la variación en la velocidad de nado. Otros enfoques pueden llevar a una elucidación de la función de la fuerza muscular y / o el poder para el rendimiento en la natación.

Efectos del entrenamiento de la fuerza sobre el rendimiento en natación

Es necesario un nivel óptimo de fuerza y potencia para conseguir el éxito en la natación (Newton *et al.*, 2002), ya que depende de la maximización de la capacidad para generar fuerzas de propulsión y reducir al mínimo la resistencia ofrecida por el medio acuático (Vilas-Boas *et al.*, 2010). Por lo tanto, los programas de entrenamiento de fuerza son una práctica común para los nadadores (Aspenes *et al.*, 2009; Garrido *et al.*, 2010), incluso si los efectos beneficiosos son controvertidos en la literatura científica (Tanaka *et al.*, 1993; Trappe *et al.*, 1994; Girolid *et al.*, 2007). Por otra parte, los beneficios del entrenamiento de fuerza son cuestionados por muchos entrenadores ya que piensan que pueden causar un aumento de la masa muscular (hipertrofia) o

una disminución en los niveles de flexibilidad, lo que puede afectar negativamente la capacidad para nadar y aumentar las fuerzas de arrastre (Newton *et al.*, 2002). En consecuencia, surgen dos hipótesis: 1) hay muchos componentes de un programa de entrenamiento de la fuerza en seco y la mejora de la potencia es sin duda uno de los aspectos más importantes (Toussaint, 2007), 2) los ejercicios seleccionados deben ser coherentes con los tipos de movimientos que están involucrados en la natación (Maglischo, 2003).

Existen algunos experimentos sobre los efectos de los programas de entrenamiento de fuerza para mejorar el rendimiento en el nado. En uno de los experimentos llevados a cabo, Strass (1988) en nadadores adultos (n= 10), detectó mejoras de un 20-40% de la fuerza muscular después de un programa de fuerza con pesas. Estas mejoras correspondieron a un aumento significativo de 4.4 a 2.1% en el rendimiento de las distancias de 25 m y 50 m en estilo libre, respectivamente. Sin embargo, pocos años después, Tanaka *et al.*, (1993) cuestionaron si la fuerza adquirida en seco podría ser transferido de manera positiva a la fuerza de propulsión utilizada en el agua, ya que la especificidad del entrenamiento parece diferir. Estos autores aplicaron un programa de entrenamiento de fuerza 3 días a la semana durante 8 semanas, usando máquinas de levantamiento de pesas y pesos libres. Se informó de un aumento de 25-35% de la fuerza muscular, pero esto no se correspondió con una mejora en el rendimiento de nado, como corroboraron Trappe *et al.*, (1994). Estos resultados inconsistentes señalaron que más estudios son necesarios con el fin de evaluar la cantidad de mejora de la fuerza muscular requerida para mejorar el rendimiento de nado.

Recientemente, tres estudios investigaron los efectos del entrenamiento en seco en natación, (Girolid *et al.*, 2007; Aspenes *et al.*, 2009; Garrido *et al.*, 2010). Girolid *et al.*, (2007) quienes aplicaron un programa de entrenamiento en seco 2 veces a la semana (45 minutos cada sesión) durante 12 semanas con una intensidad entre el 80 y el 90% de la carga máxima; Aspenes *et al.*, (2009) entre

1 a 3 sesiones por semana durante 11 semanas se llevaron a cabo con la carga más pesada posible en cada sesión, y Garrido *et al.*, (2010) ejecutaron un régimen de entrenamiento de fuerza dos veces por semana durante 8 semanas y una duración aproximada de 20 minutos cada sesión. En segundo lugar, el grupo de intervención variaba entre $n = 7$ (Girolid *et al.*, 2007), nadadores y nadadoras de ambos sexos ($16,5 \pm 2,5$ años de edad), $n = 11$ (Aspenes *et al.*, 2009) con 6 niños y 5 niñas ($17,5 \pm 2,9$ años), para $n=12$ (Garrido *et al.*, 2010) con 8 varones y 4 niñas ($12,0 \pm 0,78$ años de edad). Si las ganancias de fuerza durante la preadolescencia presentan tasas bastante similares entre niños y niñas (Faigenbaum *et al.*, 2002), después de la pubertad, los niños tienden a presentar niveles de fuerza muscular más altos que las niñas (Bencke *et al.*, 2002), lo que puede inducir a error a las conclusiones de Girolid *et al.*, (2007) y Aspenes *et al.*, (2009). Por último, se realizó la evaluación del rendimiento en natación después de un calentamiento no descrito de 2.000 m (Girolid *et al.*, 2007), con salida desde el poyete (Garrido *et al.*, 2010), o desde abajo (Girolid *et al.*, 2007; Aspenes *et al.*, 2009) en una piscina de 25 m. Los efectos del calentamiento son controvertidos, pero pueden influir en el rendimiento de natación, sobre todo en distancias cortas con la máxima intensidad (Neiva *et al.*, 2012; Balilionis *et al.*, 2012). Por otra parte, el nado subacuático, el deslizamiento y los virajes, son los responsables de los resultados globales, por lo que pueden tenerse en cuenta al evaluar el rendimiento en natación. Sobre las limitaciones citadas, estos estudios indican que la combinación del entrenamiento de natación y del entrenamiento de fuerza en seco es más eficiente que un sólo programa de natación para mejorar el tiempo en las pruebas de 50 m (Girolid *et al.*, 2007) y 400 m (Aspenes *et al.*, 2009) estilo libre. Aunque esto no se pudo probar en los nadadores prepuberales, parece que hay una tendencia a mejorar el rendimiento de natación en 25 m y 50 m estilo libre debido al entrenamiento de fuerza (Garrido *et al.*, 2010).

En conclusión, el uso de regímenes de entrenamiento de fuerza en seco puede mejorar la capacidad de producir fuerzas de propulsión en el agua, especialmente en pruebas de corta distancia. Más estudios son esenciales para determinar el volumen y la intensidad de los programas de entrenamiento adecuados, de acuerdo con el género y el nivel de los deportistas. Además, la velocidad del movimiento debe ser tomada en consideración, ya que puede mejorar la especificidad de los ejercicios realizados (González-Badillo *et al.*, 2010).

1.3.6. Pliometría y salto vertical en seco

El salto vertical es un componente integral del rendimiento explosivo en numerosas actividades atléticas y deportivas, donde podemos observar como la capacidad de salto es crucial para la ejecución de muchas acciones tales como el rebote en baloncesto, el remate y el bloqueo en voleibol, el salto de longitud o el remate de cabeza en fútbol.

La importancia del rendimiento en el salto vertical se debe a varias razones:

- 1) La altura del salto es importante para tener éxito en diferentes deportes y actividades atléticas.
- 2) Diferentes tipos de saltos verticales han servido como modelos para estudiar varios fenómenos biomecánicos y neurofisiológicos.
- 3) Está comúnmente aceptado que la altura del salto es un buen predictor de la potencia muscular, y, por tanto, varias clases de saltos verticales han sido empleados como tests estandarizados del rendimiento deportivo (Bosco *et al.*, 1983; Driss *et al.*, 1998; Vandewalle *et al.*, 1987).

El salto es una acción multiarticular compleja que demanda no solamente producción de fuerza sino una alta producción de potencia y coordinación (Hatze, 1998). Numerosos investigadores han subrayado la importancia de un nivel máximo de fuerza desarrollada en la mejora del rendimiento de la explosividad del salto (Adams *et al.*, 1992; Hakkinen *et al.*, 1985; Schmidtleicher, 1992). Kraemer *et al.*, (1994) proponen que la altura en el salto vertical está determinada por una compleja interacción de varios factores, entre los que se incluyen la fuerza máxima que puede manifestar la musculatura, la rapidez con la que puede ser aplicada la fuerza y la coordinación neural del movimiento. Hatze (1998) determinó que los grupos musculares principalmente implicados en el salto vertical (CMJ) incluyen los extensores de la cadera, rodilla y tobillo, y estos contribuyen en valores aproximados al 49%, 28% y 23% respectivamente. En relación con la diferencia entre los grupos musculares, el rendimiento de la musculatura de la cadera parece ser la que más correlación tiene con el rendimiento en el salto vertical. Solamente la fuerza de la musculatura de la rodilla, tiene una correlación más fuerte que su homóloga en la cadera, aunque la musculatura del glúteo mayor junto con los vastos, son los mayores generadores de energía durante la acción máxima del salto vertical (Aragón-Vargas *et al.*, 1997).

Un método bien conocido para la mejora de la potencia muscular es el entrenamiento pliométrico (Sáez de Villarreal, 2010). El ciclo estiramiento-acortamiento (CEA) consta de tres fases:

- Primera fase o fase excéntrica: es el pre-estiramiento, la cual es definida por el fuerte alargamiento del músculo al mismo tiempo que es activamente contraído. Durante esta fase, los elementos elásticos músculo-tendinosos almacenan energía que puede ser liberada durante la fase concéntrica si ésta se produce de manera inmediata a la fase excéntrica. Varios factores pueden influir en la capacidad del músculo para guardar y utilizar la energía elástica, entre los que se incluye el grado de estiramiento, la velocidad de estiramiento, la magnitud de la

carga, el tiempo de transición o cantidad de tiempo que el estiramiento es sostenido, la arquitectura del músculo o la posición de la articulación.

- Segunda fase o fase de amortización: está definida por un breve periodo (tiempo de amortización y fase estática tras la carga excéntrica, en el cual la longitud del músculo no cambia). La fase de amortización previa a la fase estática es crítica para el CEA, ya que si este periodo se realiza lentamente y se prolonga la fase estática, la energía elástica se disipa y no podrá ser utilizada para la producción de fuerza en la siguiente fase, que consiste en el acortamiento muscular o fase concéntrica.
- Tercera fase o fase concéntrica: se describe como acortamiento. Ésta fase combina la energía elástica acumulada con la activación muscular voluntaria y refleja para desarrollar una vigorosa contracción muscular.

Todos estos mecanismos permiten, además, mejorar la producción de fuerza en la unidad de tiempo y la eficiencia de movimientos (Komi, 1986).

Se han propuesto cuatro mecanismos que explican el mayor trabajo positivo que puede realizar un músculo que ejecuta un CEA (López Calbet *et al.*, 1995):

- Primer mecanismo, denominado tiempo para el desarrollo de la fuerza, se relaciona con el aumento de tiempo que tiene el músculo para estar completamente activado cuando se realiza un estiramiento previo, por ese motivo, un aumento en la tensión muscular al comienzo de la activación concéntrica mejorará el trabajo positivo que se puede realizar. Al realizarse este movimiento previo, se habrá comenzado el proceso de excitación de la fibra muscular por el Sistema Nervioso Central (SNC), estimulación y contracción muscular (pre-tensado), con lo que la tensión al inicio de la contracción muscular estará potenciada (Komi, 1986; Enoka, 1996).

- Segundo mecanismo se relaciona con el almacenamiento de energía en el tejido elástico durante la fase de elongamiento muscular y la posterior utilización durante la acción de acortamiento (fase concéntrica).
- Tercer mecanismo, potenciación de la fuerza, sugiere que la tensión que desarrollan los puentes cruzados se aumenta como consecuencia de realizar un movimiento de estiramiento previo a una acción muscular concéntrica.
- Cuarto mecanismo está asociado con los reflejos de estiramiento (descarga de moto-neuronas alfa) evocados por la elongación activa muscular en el comienzo del CEA.

La ventaja del CEA es que el músculo puede realizar una mayor cantidad de trabajo si es estirado antes de que se produzca la activación concéntrica. Este es el caso de los saltos con contramovimiento (CMJ), en los que la potencia alcanzada es mayor que cuando se realiza el mismo tipo de salto sin contramovimiento (SJ). El objeto de esta acción de contramovimiento es aprovechar la energía elástica que se acumula en la musculatura del tren inferior en el momento de flexionar las piernas. La contribución de la elasticidad de los músculos y de los tendones es mucho mayor en aquellas acciones que incluyen un CEA. Los materiales elásticos absorben energía de modo reversible cuando se deforman y muchos actúan como mecanismos de almacenamiento de energía en los sistemas mecánicos; así que, durante un salto vertical simple, el almacenamiento y la recuperación de energía elástica en el músculo y el tendón contribuyen en un 25-50% a la mejora de la actuación tras un gesto de contramovimiento (Kibele, 1999).

Como ya se ha descrito antes, la idea más admitida para explicar las diferencias en los saltos con y sin contramovimiento es que esto se debe a la intervención de los procesos elásticos, pero desde hace unos años se están

proponiendo otras explicaciones. La diferencia entre SJ y CMJ se debe a un mayor momento de fuerza en las articulaciones: mayor tensión (estado de actividad del músculo) y mayor fuerza aplicada cuando se hace el CMJ. Por tanto, no parece que el principal responsable de esta diferencia sea el almacenamiento y utilización de energía elástica. Parece que es necesario cierto impulso negativo (Aragón-Vargas *et al.*, 1997), pero un gran impulso negativo no parece asociado con la altura del salto, puesto que se ha propuesto que la cantidad de energía almacenada no depende del trabajo negativo, sino de la fuerza aplicada al comenzar el empuje / salto / (Bobbert *et al.*, 1996; Van-Ingen Schenau *et al.*, 1997). No se puede asegurar si el efecto reflejo influye en las diferencias, porque no se han encontrado diferencias significativas en la actividad eléctrica durante la fase concéntrica (Bobbert *et al.*, 1996; Van-Ingen Schenau *et al.*, 1997). Estos autores concluyen que un intento de entrenar la "elasticidad" a través del entrenamiento de flexibilidad/estiramiento, en lugar del entrenamiento de fuerza, se considera como un error, porque un aumento de la elasticidad no mejora el CEA en movimientos discretos (CMJ). El índice de manifestación de fuerza (producción de fuerza por unidad de tiempo o fuerza explosiva) parece ser un factor mucho más importante para el rendimiento atlético (Van-Ingen Schenau *et al.*, 1997). Sin embargo, la especificidad del movimiento o la forma de medirlo puede ser decisiva para que se dé relación entre la producción de fuerza en la unidad de tiempo y la altura del salto (González-Badillo, 2006). Por ejemplo, la medición de la producción de fuerza en acción isométrica no presentó relación con el salto vertical (Young *et al.*, 1993). Este resultado sugiere que para que exista relación entre la capacidad de producir fuerza rápidamente y el salto vertical es necesario que la acción en la que se mide la fuerza sea dinámica.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, en la literatura sobre el entrenamiento, los ejercicios donde se utiliza el CEA (conocidos como pliométricos), están postulados como la solución ideal para la ganancia de potencia, para entrenar el aspecto excéntrico de la acción muscular y se

diseñan para mejorar la relación entre la fuerza máxima y la potencia (Costello, 1984; Gemar, 1986; Gehri *et al.*, 1998; Holcomb *et al.*, 1998; Luebbers *et al.*, 2003; Newton *et al.*, 1999; Spurrs *et al.*, 2003). Tanto entrenadores como atletas, utilizan los ejercicios pliométricos desde que se conoce que la activación muscular concéntrica inmediatamente seguida a la excéntrica es considerablemente más fuerte que si no hay fase excéntrica (Wilt, 1975). La fase más importante en la acción pliométrica es la fase de amortiguación o segunda fase, ya que cuanto menos tiempo de apoyo exista durante el contacto, más efectivo será el salto posterior (Chu, 1983; Lundin, 1985). También el rol de la pliometría es facilitar al sistema neuromuscular hacer una transición rápida desde la activación excéntrica a la concéntrica, por lo que se genera la máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo.

Existen muchas investigaciones experimentales que demuestran la efectividad del entrenamiento pliométrico en la ganancia de fuerza, potencia y velocidad (Diallo *et al.*, 2001; Brown *et al.*, 1986), tanto en sujetos familiarizados con el entrenamiento pliométrico (Clutch *et al.*, 1983; Bosco *et al.*, 1982; Newton, *et al.*, 1999; Maffiuletti *et al.*, 2002) como en no familiarizados (Keohane, 1997; Witzke *et al.*, 2000; Luebbers *et al.*, 2003; Turner *et al.*, 2003; Siegler *et al.*, 2003; Diallo *et al.*, 2001; Fatouros *et al.*, 2000). Los beneficios de este tipo de entrenamiento incluyen mejoras en la potencia y fuerza muscular (Bobbert, 1990; Driss *et al.*, 1998; Hewett *et al.*, 1996; Matavulj *et al.*, 2001; Potteiger *et al.*, 1999; Wagner *et al.*, 1997; Wilkerson *et al.*, 2004; Wilson *et al.*, 1996), coordinación muscular y aceleración (Gambetta, 1978), estabilidad y funcionalidad articular (Chimera *et al.*, 2004; Hewett *et al.*, 1996; Wilkerson *et al.*, 2004), reducción de lesiones graves de rodilla (Heidt *et al.*, 2000; Hewett *et al.*, 1996) y economía de carrera (Turner *et al.*, 2003). Por otro lado, múltiples estudios que han utilizado tratamientos con ejercicios pliométricos encuentran mejoras significativas en el salto vertical (Brown *et al.*, 1986; Fry *et al.*, 1991; Hakkinen *et al.*, 1985; Hammett *et al.*, 2003; Hewett *et al.*, 1996; Luebbers *et al.*, 2003; Matavulj *et al.*, 2001; Newton *et al.*, 1999; Potteiger *et al.*, 1999; Wagner *et al.*, 1997; Wilson *et al.*, 1996). Estas mejoras en el salto

vertical han sido asociadas con factores como un incremento de la potencia y una mejora de la fuerza en unidad de tiempo (Newton *et al.*, 1999), así como un incremento del tamaño de las fibras (Potteiger *et al.*, 1999), características probablemente atribuidas al reflejo de estiramiento, altas cargas excéntricas y la naturaleza explosiva del ejercicio pliométrico (Newton *et al.*, 1999). Además de proporcionar estas ganancias en el rendimiento deportivo, los ejercicios pliométricos también pueden ofrecer ventajas a nivel de práctica y motivación. Estos ejercicios proporcionan entrenando, la variedad que puede llevar a un interés y a un entusiasmo mayor por parte del aprendiz (Clutch *et al.*, 1983) debido a que su simplicidad puede hacer que los ejercicios se realicen fuera de la sala de pesas, sin material y sin una vigilancia constante del entrenador.

Por otro lado, la técnica de salto es otra variable importante a controlar, ya que una buena o mala ejecución técnica puede determinar el rendimiento de la capacidad de salto, como instruir al atleta a minimizar el tiempo de contacto con el suelo aunque se procure que salte lo máximo que pueda. Para ayudar a lograr esto, el feedback en la relación "altura de salto y tiempo de contacto con el suelo" puede darse después de cada salto (Young *et al.*, 1995). La existencia de variaciones en la técnica del salto CMJ y los efectos de las instrucciones han sido documentados (Bobbert *et al.*, 1987; Bobbert *et al.*, 1986). La técnica empleada podría influenciar el objetivo del entrenamiento. Los autores no son precisos describiendo exactamente cómo ejecutan los saltos los sujetos (Clutch *et al.*, 1983; Ford *et al.*, 1983). Por tanto, como ha sido mostrado los sujetos pueden escoger técnicas muy diferentes desde un punto de vista biomecánico (Bobbert *et al.*, 1986). La técnica afecta severamente la producción mecánica de la musculatura ya que al no ejecutar en cada tipo de salto el movimiento adecuado, se está perdiendo toda la efectividad de esa acción (Bobbert, 1990). Una técnica correcta de ejecución nos mostrará los beneficios que pueden surgir desde una disminución en la distancia para reducir la velocidad vertical a cero o en una disminución del tiempo de amortización.

Comentar la relación de la distancia y el tiempo, aunque sean independientes, ya que los sujetos pueden reducir la distancia y todavía hacer una pausa suficientemente larga para disipar la energía elástica acumulada. Por otro lado, los sujetos pueden disminuir el tiempo entre el estiramiento y la contracción. Sin embargo, si éstos incrementan la distancia, resultará en una pérdida de energía elástica. Blakey *et al.*, (1987) determinan que para asegurar que el estiramiento muscular sea optimizado, los atletas deberían ser instruidos a mantener la distancia al mínimo o ejecutar el salto vertical tan rápido como sea posible después del contacto con el suelo.

1.3.7. Salto vertical en agua

El rendimiento del salto vertical constituye una habilidad técnica fundamental en muchos deportes de equipo, incluyendo el waterpolo, donde los jugadores tienen que desplazarse a menudo de manera vertical en el agua para lanzar a portería o bloquear el lanzamiento o pase del contrario.

En waterpolo hay dos habilidades relevantes para elevar el cuerpo en el agua. Una de ellas es el impulso, donde el jugador realiza un salto explosivo para ganar altura, y la segunda, es el mantenimiento de una elevada posición del cuerpo en el agua. La posición de base está considerada como aquella en la que el jugador está sumergido hasta la altura de los hombros y se apoya en el agua realizando pequeños movimientos cíclicos y simétricos de las manos junto a los movimientos de rotación de las piernas (patada o batido de piernas) que generan fuerzas ascendentes.

La patada de waterpolo es muy utilizada durante el juego y ha sido analizada por otros varios investigadores determinando que es una técnica fundamental para mantener una posición vertical en el agua (Davis *et al*, 1977; Elliot *et al*, 1988). Es una acción cíclica de las piernas del jugador, donde las rodillas van alternando de manera similar y simétrica diferentes fases de movimientos de

izquierda a derecha o viceversa. El jugador utiliza el impulso de piernas para generar fuerza con el fin de ganar la mayor altura posible, concluyendo con una patada modificada controlando la caída con un movimiento de las piernas hacia abajo y atrás.

El impulso es una habilidad que se incluye a menudo en la rutina de entrenamiento diario. No todos los jugadores entrenan con la misma duración e intensidad. Los porteros suelen tener más entrenamiento de saltos que el resto de los jugadores. Actualmente, carecemos de una variedad de tests fiables y eficaces que nos permitan evaluar las mediciones de este tipo de ejecuciones. Sanders (1999) utilizó un análisis de vídeo tridimensional para estudiar las variables cinemáticas que contribuyen a ganar altura en los saltos, sin embargo, esa infraestructura de laboratorio no suele estar disponible. En cambio, Platanou (2005) realizó un estudio comparando la medición del salto vertical en seco y en agua, donde utilizó un test (Platanou, 2006) que constaba de una tabla delimitada en centímetros colocada justo encima del agua sostenida por un enganche desde el borde de la piscina y grabada por una cámara de vídeo desde una vista frontal. Este autor reflejó que las mejoras eran muy pobres al igual que Sanders (1999), justificando que dependía más de la habilidad del sujeto en realizar la acción del salto que el desarrollo de la potencia en sí misma.

Bibliografía

1. Aleksandrovic, M, Naumovski, A, Radovanovic, D, Georgiev, G, & Popovski, D. The influence of basic motor abilities and anthropometric measures on the specific motor skills of talented water polo players. *Facta Universitatis* 5(1): 65-74, 2007.
2. Aragón-Vargas, LF, & Gross, M. Kinesiological factors in vertical jump performance: Differences among individuals. *J Appl Biomech* 13: 24-44, 1997.
3. Aspenes, S, Kjendlie, PL, Hoff, J, & Helgerud, J. Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *J Sport Sci Med* 8: 357-365, 2009.
4. Aziz, AR, Lee, HC, & Teh, KC. Physiological characteristics of Singapore national water polo team players. *J Sports Med Phys Fitness* 42(3): 315-319, 2002.
5. Balilionis, G, Nepocaty, S, Ellis, CM, Richardson, MT, Neggers, YH, & Bishop, PA. Effects of Different Types of Warm-Up on Swimming Performance, Reaction Time, and Dive Distance. *J Strength Cond Res* 26(12): 3297-303, 2012.
6. Bencke, J, Damsgaard, R, Saekmose, A, Jorgensen, P, Jorgensen, K, & Klausen, K. Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. *Scand J Med Sci Sport*. 12: 171-178, 2002.
7. Blakey, JB, & Southard, D. The combined effects of weight training and plyometric on dynamic leg strength and leg power. *J Appl Sport Sci Res* 1(1): 14-16, 1987.
8. Bloomfield, J, Blanksby, BA, Ackland, TR, & Allison, GT. The influence of strength training on overhead throwing velocity of elite water polo players. *Aust J Sci Med Sport* 22(3): 63-67, 1990.

9. Bobbert, MJ, Mackay, M, Schinkelshoek, D, Huijing, P, & Van Ingen Shenau, GJ. Biomechanical analysis of drop and countermovement jumps. *Eur J Appl Physiol* 54: 566-573, 1986.
10. Bobbert, MF. Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sport Med* 9: 7-22, 1990.
11. Bobbert, MF, Gerritsen, KGM, Litjens, MCA, & Van Soest, AJ. Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Med Sci Sports Exerc* 28(11): 1402-1412, 1996.
12. Bosco, C., Viitasalo, JT, Komi, PV, & Luhtanen, P. Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiol Scand* 45(114): 57-56, 1982.
13. Bosco, C, Luhtanen, P, & Komi, PV. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J App Physiol* 50: 273-282, 1983.
14. Brown, ME, Mayhew, JL, & Boleach, LW. The effect of plyometric training on the vertical jump of high school basketball players. *J Sport Med Phys Fitness* 26(1): 1-4, 1986.
15. Chimera, NJ, Swanik, KA, Swanik, CB, & Straub, SJ. Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. *J Athletic Training* 39(1): 24-31, 2004.
16. Chu, DA. Plyometric: the link between strength and speed. *NSCA J* 5(April-May): 20-21, 1983.
17. Clarys, J. & Lewillie, L. The description of wrist and shoulder motion of different water polo shots using a simple light trace technique. In L. Lewillie and J. Clarys. First International simposiun Biomechanics in swimming. Belgium: Universite Libre de Bruxelles, 248-256, 1970.
18. Clarys, JP. Human morphology and hydrodynamics. In: Terauds J, Bedingfield EW, editors. Swimming III. Baltimore (MD): University Park Press. 3-41: 1979.
19. Clarys, JP. Biomechanical and morphological aspects of water polo. In: Wood GA, editor. Collected papers on sports biomechanics. Nedlands (WA): University of Western Australia, 102-32, 1983.

20. Clarys, JP, CABRI, J, & TEIRLINCK, P. An electromyographic and impact force study of the overhand water polo throw. In A. Lees, D. MacLaren and T. Reilly. *Biomechanics and Medicine in Swimming VI*. London: Routledge UK, 111-116, 1992.
21. Clutch, D, Wilton, M, McGown, C, & Bryce, GR. The effect of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jump. *Res Quart* 54(1): 5-10, 1983.
22. Costello, F. Using weight training and plyometric to increase explosive power for football. *NSCA J* 6(April-May): 22-25, 1984.
23. Costill, DL, King, DS, Holdren, A, & Hargreaves, M. Sprint speed vs. swimming power. *Swim Tech* 20(1): 20-22, 1983.
24. Costill, DL, Rayfield, F, Kirwan, J, & Thomas, RA. A computer based system for the measurement of force and power during front crawl swimming. *J Swim Res* 2: 16-19, 1986.
25. Crowe, SE, Babington, JP, Tanner, DA, & Stager, JM. The relationship of strength to dryland power, swimming power, and swimming performance. *Med Sci Sports Exerc* 31(5): S255, 1999.
26. Davis, T, & Blanksby, BA. A cinematographic analysis of the overhand water polo throw. *J Sports Med Phys Fitness* 17: 5-16, 1977.
27. Diallo, O, Dore, E, Duche, P, & Van Praagh, E. Effects of plyometric training followed by a reduced training programme on physical performance in prepubescent soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 41(3): 342-348, 2001.
28. Domínguez-Castells, R, & Arellano, R. Muscular and arm crawl stroke power: evaluating their relationship. *Port J Sport Sci* 11(S2): 203-206, 2011.
29. Driss, TH, Vandewalle, H, & Monod, H. Maximal power and force velocity relationships during cycling and cranking exercises in volleyball players: correlation with vertical jump test. *J Sports Med Phys Fitness* 37: 175-181, 1998.

30. Elliot, BC, Wilson, GJ, & Kerr, GK. A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press. *Med Sci Sports Exerc* 21: 450-462, 1989.
31. Enoka, RM. Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. *J Appl Physiol* 81(6): 2239-2246, 1996.
32. Faigenbaum, AD, Milliken, LA, Loud, RL, Burak, BT, Doherty, CL, & Westcott, WL. Comparison of 1 and 2 days per week of strength training in children. *Res Q Exerc Sport* 73: 416-424, 2002.
33. Fatouros, IG, Jamurtas, AZ, Leontsini, D, Taxildaris, K, Aggelousis, N, Kostopoulos, N, & Buckenmeyer, P. Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *J Strength Cond Res* 14(4): 470-476, 2000.
34. Feltner M. Kinematics and kinetics of the throwing arm during a penalty throw in water polo. Proceedings of 18TH Annual Meeting of the American Society of Biomechanics, Columbus. 5-6, 1994.
35. Feltner, M, & Taylor, G. Three-dimensional kinetics of the shoulder, elbow, and wrist during a penalty throw in water polo. *J Appl Biomech* 13(3): 347-372, 1997.
36. Feltner, M, & Nelson, S. Three-dimensional kinematics of the throwing arm during the penalty throw in water polo. *J Appl Biomech* 12: 359-382, 1996.
37. Ford, HJR, Puckett, J, Drummond, J, Sawyer, K, Gantt, K, & Fussell, C. Effects of three combinations of plyometric and weight training programs on selected physical fitness test items. *Precept Mot Skills* 56(3): 919-922, 1983.
38. Freeston, J, Rooney, K, Smith, S, & O'Meara D. Throwing performance and test-retest reliability in Olympic female water polo players. *J Strength Cond Res* 28 (8): 2359-2365, 2014.

39. Fry, AC, Kraemer, WJ, & Waseman, CA. The effect of an off-season strength and conditioning program on starters and non-starters in women's intercollegiate volleyball. *J Appl Sport Sci Res* 5: 174-181, 1991.
40. Gambetta, V. Plyometric training. *Track and Field Quart Rev* 78(1): 58-59, 1978.
41. Garganta, J, & Pinto, J. La enseñanza del Waterpolo. En Graça, A. & Oliveira, J. (Coord.). La enseñanza de los juegos deportivos. Paidotribo. Barcelona (España). 1997.
42. Garrido, N, Marinho, DA, Reis, VM, Van Den Tillaar, R, Costa, AM, Silva, AJ, & Marques, MC. Does combined dry land strength and aerobic training inhibit performance of young competitive swimmers? *J Sport Sci Med* 9:300-310, 2010.
43. Gehri, DJ, Ricard, MD, Kleiner, DM, & Kirkendall, DT. A comparison of plyometric training technique for improving vertical jump ability and energy production. *J Strength Cond Res* 12(2): 85-89, 1998.
44. Gemar, JA. The effects of weight training and plyometric training on vertical jump, standing jump and forty-meter sprint. *Ph.D. Thesis. Brigham Young University*. 1986.
45. Girolid, S, Maurin, D, Dugue, B, Chatard, JC, & Millet, G. Effects of dry-land vs. resisted- and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. *J Strength Cond Res* 21: 599-605, 2007.
46. González-Badillo, JJ, & Gorostiaga Ayestarán, E. Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. 2ª edición. Barcelona: INDE. 1997.
47. González-Badillo, JJ, & Ribas Serna, J. Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. 1ª edición. Barcelona. INDE. 2002.
48. González-Badillo, JJ. Proyecto de investigación: Identificación de las variables dinámicas, cinemáticas y temporales relacionadas con el salto vertical con contramovimiento. Universidad Pablo de Olavide. Sevilla. 2006.

49. González-Badillo, JJ, & Sánchez-medina, L. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med* 31(5): 347-352, 2010.
50. Gorostiaga, EM, Granados, C, Ibáñez, J, & Izquierdo, M. Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *Int J Sports Med* 26: 225–232, 2005.
51. Hakkinen, K, & Komi, PV. The effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various stretch-shortening cycle exercises. *Scand J Sports Sci* 765-776, 1985.
52. Hammett, JB, & Hey, WT. Neuromuscular adaptation to short-term (4 weeks) ballistic training in trained high school athletes. *J Strength Cond Res* 17: 556-560, 2003.
53. Hatze, H. Validity and reliability of methods for testing vertical jumping performance. *J Appl Biomech.* 14:127-140. 1998.
54. Hawley, JA, & Williams, MM. Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. *Int J Sports Med* 12: 1-5, 1991.
55. Hawley, JA, Williams, MM, Vickovic, MM, & Handcock, PJ. Muscle power predicts freestyle swimming performance. *Br J Sports Med* 26(3): 151-155, 1992.
56. Hebbelinck, M, Carter, L, & De Garay, A. Body build and somatotype of Olympic swimmers, divers and water polo players. In: Lewillie L, Clarys JP. *Swimming*. University Park Press, Baltimore. 285-305, 1975.
57. Heidt, RS, Sweeterman, LM, Carlonas, RL, Traub, JA, & Tekulve, FX. Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning. *Am J Sports Med* 28: 659-662, 2000.
58. Hewett, TE, & Stroupe, AL. Plyometric training in female athletes. *Am J Sports Med* 24(6): 765-773, 1996.

59. Hohmann, A, & Frase, R. Analysis of swimming speed and energy metabolism in competition water polo games. Proceedings of the Federation Internationale de Natation Amateur (FINA) First World Water Polo Coaches seminar; 1991 May 27-June 3: Athens. Lausanne: FINA, 1991: 208-13.
60. Holcomb, WR, Kleiner, DM, & Chu, DA. Plyometrics: Considerations for safe and effective training. *Strength Cond J* 20: 36-39, 1998.
61. Hollander, AP, Dupont, SHJ, & Volkerijk, SM. Physiological strain during competitive water polo games and training. In: Miyashita M, Mutoh Y, Richardson AB, editors. Medicine and science in aquatic sports. Vol. 39, Basel: Karger, 1994: 178-185.
62. Izquierdo, M, & González-badillo, JJ. Prescripción del entrenamiento de fuerza. En: Izquierdo M (ed). Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte. Ed. Médica Panamericana. Pp. 663-675. 2008.
63. Jeffrey, AG, & Lyle, JM. Strength Training for Children and Adolescents. *J Am Acad Orthop Surg* 9(1): 29-36, 2001.
64. Johnson, RE, Sharp, RL, & Hedrick, CE. Relationship of swimming power and dryland power to sprint freestyle performance: a multiple regression approach. *J Swim Res* 9: 10-14, 1993.
65. Joris, HJ, Van Muyen, AJ, Van Ingen Schenau, GJ, & Kemper, HC. Force, velocity and energy flow during the overarm throw in female handball players. *J Biomech* 18(6): 409-414, 1985.
66. Keohane, AL. The effects of six week depth jumping program on the vertical jumping ability of figure skaters. *M.P.E Thesis*. Univ. of British Columbia. 1997.
67. Kibele, A. Possible errors in the comparative evaluation of drop jumps from different heights. *Ergonomics*. 42(7): 1011-1014, 1999.
68. Komi, PV. The stretch-shortening cycle and human power output. *Editors: Jones*. 10: McCartney & McComas. Human Kinetics. Champaign. 27-23. 1986.

69. Komi, PV. Training of muscle strength and power: interactions of neuromotoric, hypertrophic and mechanical factors. *Int J Sports Med* 7(1): 10-15, 1986.
70. Kraemer, WJ, & Ratamess, NA. *Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription*. *Med Sci Sports Exerc* 36(4): 674-688, 2004.
71. López Calbet, JA, Arteaga Ortiz, R, Dorado García, C, & Chavarren Cabrero, J. Comportamiento mecánico del músculo durante el ciclo de estiramiento-acortamiento. II Factores neuromusculares. *Archivos de Medicina del Deporte*. 12: 133-142, 1995.
72. Lozovina, V, & Pavicic, L. Anthropometric Changes in Elite Male Water Polo Players: Survey in 1980 and 1995. *Croatian Medical J* 45(2): 202-205, 2004.
73. Luebbbers, PE, Potteiger, JA, Hulver, MW, Thyfault, JP, Carper, MJ, & Lockwood, RH. Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. *J Strength Cond Res* 17(4): 704-709, 2003.
74. Lundin, P. A review of plyometric training. *NSCA J* 7(69): 69-74, 1985.
75. Maffiuletti, NA, Dugnani, S, Folz, M, Di Pierno, E, & Mauro, F. Effects of combined electro stimulation and plyometric training on vertical jump height. *Med Sci Sports Exerc* 34(10): 1638-1644, 2002.
76. Maglischo, E.W. *Swimming Fastest*. Human Kinetics, Champaign, Ill. 2003.
77. Matavulj, D, Kukolj, M, Ugarkovic, D, Tihanyi, J, & Jaric, S. Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *J Sports Med Phys Fitness* 41(2): 159-164, 2001.
78. McCartney, N. Acute responses to resistance training and safety. *Med Sci Sports Exerc* 31(1): 31-37, 1999.
79. McCluskey, L, Lynskey, S, Kei Lung, C, Woodhouse, D, Briffa, K, & Hopper, D. Throwing velocity and jump height in female water polo players: Performance predictors. *J Sci Med Sport* 13: 236-240, 2010.

80. McMaster, WC, Long, SC, & Caiozzo, VJ. Isokinetic torque imbalances in the rotator cuff of the elite water polo player. *Am J Sport Med* 19(1): 72-75, 1990.
81. Meckel, Y, Bishop, D, Rabinovich, M, Kaufman, L, Nemet, D, & Eliakim, A. Repeated sprint ability in elite water polo players and swimmers and its relationship to aerobic and anaerobic performance. *J Sports Sci Med* 12: 738-743, 2013.
82. Mészáros, J, Soliman, Y, Othman, M, & Mohácsi, J. Body composition and peak aerobic power in inter level hungarian athletes. *Facta Universitatis*. 1(5): 21-27. 1998.
83. Morouço, P, Keskinen, KL, Vilas-Boas, JP, & Fernandes, RJ. Relationship between tethered forces and the four swimming techniques performance. *J Appl Biomech* 27(2): 161-169, 2011.
84. Morouço, P, Neiva, H, González-Badillo, J, Garrido, N, Marinho, D, & Marques, M. Associations between dry land strength and power measurements with swimming performance in elite athletes: a Pilot Study. *J Hum Kin St*: 105-112, 2011.
85. Morouço, PG, Marinho, DA, Amaro, NM, Pérez-Turpin, JA, & Marques, MC. Effects of dry-land strength training on swimming performance: a brief review. *J Hum Sport Exerc* 7(2): 553-559, 2012.
86. Neiva, HP, Morouço, PG, Pereira, FM, & Marinho, DA. The effect of warm-up in 50 m swimming performance. *Motricidade* 8(S1): 13-18. 2012.
87. Newton, RU, Kraemer, WJ, & Hakkinen, K. Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players. *Med Sci Sports Exerc* 31(2): 323-330, 1999.
88. Newton, RU, Jones, J, Kraemer, WJ, & Wardle, H. Strength and power training of Australian Olympic swimmers. *Strength Cond J* 24(3): 7-15, 2002.
89. Pinnington, H, Dawson, B, & Blanksby, B. The energy requirements for water polo. Nedlands (WA): Australian Sports Commission, 1986.
90. Platanou, T. On-water and dryland vertical jump in water polo players. *J Sports Med Phys Fitness* 45: 26-31, 2005.

91. Platanou, T, & Geladas, N. The influence of game duration and playing position on intensity of exercise during match-play in elite water polo players. *J Sports Sci* 24: 1173–1181, 2006.
92. Potteiger, JA, Lockwood, RH, Haub, MD, Dolezal, BA, Almuzaini, KS, Schroeder, JM, & Zebas, CJ. Muscle power and fiber characteristics following 8 weeks of plyometric training. *J Strength Cond Res* 13(3): 275-279, 1999.
93. Real federación española de natación (RFEN). Reglamento de waterpolo. 2013-2017.
94. Rohrs, DM, Mayhew, JL, Arabas, C, & Shelton, M. The relationship between seven anaerobic tests and swimming performance. *J Swim Res* 6: 15-19, 1990.
95. Rodríguez, FA. Physiological testing of swimmers and water polo players in Spain. In: Miyashita M, Mutoh Y, Richardson AB, editors. *Medicine and science in aquatic sports*. Vol. 39. Basel: Karger, 172-177, 1994.
96. Sáez De Villarreal, E. Relación entre la frecuencia cardiaca y el rendimiento en precisión del lanzamiento en waterpolo. *Revista Apunts Educación Física y Deportes*. 4º Trimestre. 53-58, 2005.
97. Sáez De Villarreal, E, Requena, B, & Newton, R. Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *J Sci Med Sport* (13): 513–522, 2010.
98. Sanders, R.H. Analysis of the eggbeater kick used to maintain height in water polo. *J Appl Biomech* 15: 284–291, 1999.
99. Sardella, F, Alippi, B, Rudic, R, Castellucci, G, & Bonifazi, M. Analisi fisiometabolica della partita. *Tecnica Nuoto*. 21-4, 1990.
100. Schmidtbleicher, D. Training for power events. En Komi, P.V. *Strength and power in sport*. London. Ed. Blackwell. Scientific Publication. 381-395, 1992.
101. Seirulo, F. Criterios modernos del Entrenamiento en el Waterpolo. En *Jornadas Internacionales de Medicina y Waterpolo premundial 94*, San Sebastián. S.H.E.E.- I.V.E.F. Vitoria (España). 1995.

102. Sharp, RL, Troup, JP, & Costill, DL. Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Med Sci Sports Exerc* 14: 53-56, 1982.
103. Siegler, J, Gaskill, S, & Ruby, B. Changes evaluated in soccer-specific power endurance either with or without a 10-week, in season, intermittent, high-intermittent training protocol. *J Strength Con Res* 17(2): 379-387, 2003.
104. Smith, HK. Physiological fitness and energy demands of water polo; time-motion analysis of field players and goaltenders. Proceedings of the Federation Internationale de Natation Amateur (FINA) First World Water Polo Coaches seminar; 1991 May 27-June 3: Athens. Lausanne: FINA. 183-207, 1991.
105. Smith, HK. Applied physiology of water polo. *Sports Med* 26(5): 317-334, 1998.
106. Smoll, FL & SMITH, RE. Coaches who never lose: A 30 minute primer for coaching effectiveness. Portola Valley, CA: Warde Publishers. 1996.
107. Spurr, RW, Murphy, AJ, & Watsford, ML. The effect of plyometric training on distance running performance. *Eur J Appl Physiol* 89(1): 1-7, 2003.
108. Stabenow Dahab, K, & McCambridge, TM. Strength training in children and adolescents: raising the bar for young athletes? *Sports Health: A Multidisciplinary Approach* 1(3): 223-226, 2009.
109. Stager, JM & Coyle, MA. Energy Systems. In: *Swimming-Handbook of Sports Medicine and Science*. Eds: Stager J, & Tanner D. Blackwell Science, Massachusetts. 1-19, 2005.
110. Stevens, HB, Brown, LE, Coburn, JW, & Spiering, BA. Effect of swim sprints on throwing accuracy and velocity in female collegiate water polo players. *J Strength Cond Res* 24(5): 1195-1198, 2010.
111. Stirn, I, & Strojnik, V. Throwing with different kinetic chains. In J. P. Vilas-Boas, F. Alves & A. Marques (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming X. Port J Sport Sci*. Porto: 98-100, 2006.

112. Strass, D. Effects of maximal strength training on sprint performance of competitive swimmers. In: *Swimming Science V*. Eds: Ungerechts, B.E., Wilke, K. and Reischle, K. Spon Press, London: 149-156, 1988.
113. Strzała, M, & Tyka, A. Physical endurance, somatic indices and swimming technique parameters as determinants of front crawl swimming speed at short distances in young swimmers. *Med Sportiva* 13: 99-107, 2009.
114. Tanaka, H, Costill, DL, Thomas, R, Fink, WJ, & Widrick, JJ. Dry-land resistance training for competitive swimming. *Med Sci Sports Exerc* 25: 952-959, 1993.
115. Tanaka, H, & Swensen, T. Impact of resistance training on endurance performance. A new form of cross-training? *Sport Med* 28: 191-200, 1998.
116. Terrados, N, Calleja-González, J, & Schelling, X. Bases fisiológicas comunes para deportes de equipo. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 4(2): 84-88, 2010.
117. Toussaint, HM, & Vervoort, K. Effects of specific high resistance training in the water on competitive swimmers. *Int J Sport Med* 11: 228-33, 1990.
118. Toussaint, HM. Strength power and technique of swimming performance: Science meets practice. In: *Schwimmen Lernen und Optimieren*. Ed: Leopold, W. Schwimmtrainer – Vereinigung V, Beucha, Deutschland. 43-54, 2007.
119. Trappe, S, & Pearson, DR. Effects of weight assisted dry-land strength training on swimming performance. *J Strength Cond Res* 8(4): 209-213, 1994.
120. Tsekouras, YE, Kavouras, SA, Campagna, A, Kotsis, GP, Syntosi, SS, Papazoglou, K, & Sidossis, LS. The anthropometrical and physiological characteristics of elite water polo players. *Eur J Appl Phys* 95(1): 35-41, 2005.

121. Turner, AM, Owings, M, & Schwane, JA. Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. *J Strength Cond Res* 17(1): 60-67, 2003.
122. Vandewalle, H, Peres, G, & Monod, H. Standard anaerobic exercise test. *Sports Med* 4(4): 268-298, 1987.
123. Van Der Wende, K. The effects of game-specific task constraints on the outcome of the water polo shot. Auckland University of Technology, New Zeland, 2005.
124. Van Ingen Shenau, GF, Bobbert, MF, & De Haan, A. Does elastic energy enhance work and efficiency in the stretch-shortening cycle? *J Appl Biomech* 13: 389-415, 1997.
125. Vila, H, Ferragut, C, Argudo, FM, Abrales, JA, Rodríguez, N, & Alacid, F. Relación entre parámetros antropométricos y la velocidad de lanzamiento en jugadores de waterpolo. *J Human Sport Exerc* 4(1): 62-74, 2009.
126. Vilas-Boas, JP, Barbosa, TM, & Fernandes, RJ. Speed fluctuation, swimming economy, performance and training in swimming. In: *World Book of Swimming: From Science to Performance*. Eds: Seifert L, Chollet D, & Mujika I. Nova Science Publishers, New York. 119-134, 2010.
127. Wagner, DR, & Kocak, MS. A multivariate approach to assessing anaerobic power following a plyometric training program. *J Strength Cond Res* 11(4): 251-255, 1997.
128. Whiting, WC, Puffer, JC, Finerman, GA, Gregor, RJ, & Maletis, GB. Three-dimensional cinematographic analysis of water polo throwing in elite performers. *Am J Sport Med* 13(2): 95-98, 1985.
129. Wilkerson, GB, Colston, MA, Short, NI, Neal, KL, Hoewischer, PE, & Pixley, JJ. Neuromuscular changes in female collegiate athletes resulting from a plyometric jump-training program. *J Athl Train* 39(1): 17-23, 2004.
130. Wilson, GF, Murphy, AJ, & Giorgi, A. Weight and plyometric training: effects on eccentric and concentric force production. *Can J Appl Physiol* 21(4): 301-315, 1996.

131. Wilke, K, & Madsen, O. *Coaching the Young Swimmer*. Sports Support Syndicate. 1990.
132. Wilt, F. Plyometrics, what it is and how it works. *Athl J* 55(5): 76-90, 1975.
133. Witzke, KA, & Snow, CM. Effects of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls. *Med Sci Sports Exerc* 32(6): 1051-1057. 2000.
134. Young, WB, & Bilby, GE. The effect of voluntary effort to influence speed of contraction on strength, muscular power and hypertrophy development. *J Strength Cond Res* 7: 72-17, 1993.
135. Young, WB, Pryor, JF, & Wilson, GJ. Effects of instructions on characteristics of countermovement and drop jump performance. *J Strength Cond Res* 9: 232-236, 1995.

1.4. Formulación del problema

Con nuestro estudio de investigación, pretendemos demostrar que la programación del entrenamiento de la fuerza es determinante para la mejora del rendimiento físico de los jugadores de waterpolo.

Destacamos la importancia del control y la organización para realizar éste tipo de entrenamiento. Una programación consiste en un diseño organizado, de manera concreta y detallada, donde los elementos y los factores constituyan un plan de trabajo. En nuestro caso, el objetivo será mejorar las cualidades de fuerza para que contribuyan de la manera más eficaz posible al logro del rendimiento específico de competición de nuestros deportistas.

Además, nuestra intención es demostrar la compatibilidad del entrenamiento de fuerza con el trabajo físico, táctico y técnico, realizado antes de la sesión de entrenamiento normal y sin alterar los planes de trabajo.

1.4.1. Problemas del Estudio 1

Debido a las crecientes demandas del entrenamiento técnico y la competición, el acondicionamiento físico durante el período competitivo debe ser importante para mantener niveles adecuados de fuerza y potencia en la temporada. Aunque la práctica del waterpolo en sí mismo puede mejorar muchos de estos factores, los waterpolistas de élite deben realizar un programa adicional de acondicionamiento específico, incluyendo ejercicios para el desarrollo del esfuerzo anaeróbico intermitente de alta intensidad, la velocidad, el cambio de dirección, la fuerza y la potencia. Existe un considerable consenso entre los entrenadores y científicos del deporte sobre los principales determinantes de la velocidad del balón durante el lanzamiento en waterpolo como son la técnica, el tiempo del movimiento de los segmentos corporales consecutivos, la fuerza de las extremidades superiores e inferiores, la fuerza del tronco y la capacidad de salto vertical (Ferragut *et al.*, 2011;

McCluskey *et al.*, 2010). Cada uno de estos factores puede mejorar mediante un entrenamiento adecuado, particularmente con programas de ejercicios con resistencias. Chelly *et al.* (2010) han destacado la contribución de los miembros inferiores para la capacidad de lanzamiento, lo que subraya que los entrenadores deberían incluir programas no sólo de fuerza y potencia para los hombros y los brazos, sino también para los miembros inferiores. Un programa de entrenamiento con dos sesiones semanales de este tipo parece suficiente para inducir una mejora sustancial no sólo en la producción de potencia pico y la fuerza dinámica, sino también en la velocidad de lanzamiento (Hermassi *et al.*, 2010). Por tanto, un programa de fuerza de alta intensidad para el tren inferior podría ser óptimo para la mejora de las capacidades determinantes del rendimiento de los jugadores de waterpolo.

Por ello, el problema que nos planteamos es:

- 1) ¿El entrenamiento de alta intensidad en el tren inferior mejora las capacidades determinantes del rendimiento en jugadoras de waterpolo?

1.4.2. Problemas del Estudio 2

La información empírica sobre los métodos de entrenamiento que aumentan la capacidad de lanzamiento es limitada, concentrándose la mayoría de investigaciones realizadas en otros deportes como el béisbol o el balonmano (Fleck *et al.*, 1992; McEvoy *et al.*, 1998). Los entrenadores y los científicos del deporte coinciden en que los principales determinantes de la velocidad de lanzamiento son la técnica, el tiempo del movimiento en los segmentos de las extremidades consecutivas y la fuerza y la potencia del tren superior e inferior (Gorostiaga *et al.*, 2005). En waterpolo, los autores confirman que los factores determinantes en la velocidad de lanzamiento incluyen a la fuerza en el tren superior e inferior y en el tronco, la técnica de lanzamiento, y la capacidad de salto vertical (Ferragut *et al.*, 2011; McCluskey *et al.*, 2010). Cada uno de estos factores se puede mejorar con un entrenamiento adecuado, en particular los ejercicios con diferentes resistencias. Un entrenamiento general de ejercicios

con resistencias para el tren superior con cargas altas de 60-80% (1RM) parece influir positivamente en la velocidad de lanzamiento (Van Den Tillaar, 2004; Hermassi *et al.*, 2010). Previamente Chelly *et al.* (2010) destacan la contribución del tren inferior para la habilidad del lanzamiento, por tanto, los entrenadores deberían incluir la fuerza y los programas de alta intensidad no sólo para los hombros y los brazos, sino también para el tren inferior. Por tanto, un programa de fuerza de alta intensidad para el tren superior e inferior podría ser óptimo para la mejora de las capacidades determinantes del rendimiento de los jugadores de waterpolo.

Por ello, el problema que nos planteamos es:

- 1) ¿Un entrenamiento de alta intensidad en el tren superior e inferior mejora las capacidades determinantes del rendimiento en jugadores de waterpolo?

1.4.3. Problemas del estudio 3

Varios métodos de entrenamiento y acondicionamiento físico de natación y waterpolo dirigidos al incremento de las habilidades físicas han sido descritos en la literatura científica (Bloomfield *et al.*, 1990, Pichon *et al.*, 1995; Tanaka *et al.*, 1993). La eficiencia de estos programas depende de la especificidad de la prueba (McCafferty *et al.*, 1977; Stewart *et al.*, 2000) y la intensidad de las sesiones de entrenamiento que se utilizan en la preparación de estos atletas (Behm *et al.*, 1993; Strass, 1988). Dos estrategias principales de entrenamiento han sido utilizadas generalmente para el desarrollo de las capacidades físicas en los jugadores de waterpolo, concretamente, los métodos de entrenamiento de fuerza en seco y en agua. Los efectos positivos del entrenamiento de la fuerza en seco, dirigidos a los miembros superiores, están ampliamente documentados en la literatura científica. Por ejemplo, las ganancias inducidas del entrenamiento de la fuerza en el rendimiento en velocistas se sitúan entre un 1,3% y el 4,4 % (Costill, 1999; Pichon *et al.*, 1995; Strass, 1988). El waterpolo conlleva numerosas acciones explosivas con sprint, por lo tanto, sería lógico

pensar que el entrenamiento en seco enfocado hacia la parte superior del cuerpo sería beneficioso para el jugador de waterpolo. En este deporte se piensa que los factores principales que influyen en el rendimiento incluyen la fuerza del tronco, la fuerza del tren superior e inferior, la técnica de lanzamiento, y la capacidad de salto vertical (Ferragut *et al.*, 2011). Cada uno de estos factores se puede mejorar con un entrenamiento adecuado, en particular con el uso de ejercicios de entrenamiento con resistencias. El entrenamiento general de ejercicios con resistencias para la parte superior del cuerpo con cargas altas de 60-80% 1RM parece influir positivamente en la velocidad de lanzamiento (Van den Tillaar, 2004). Strass (1988) demostró que los ejercicios con pesas durante 6 semanas condujeron a un aumento significativo del rendimiento 2,1-4,4% en distancias de 25m y 50m, respectivamente. Varios estudios también han demostrado una fuerte relación entre la fuerza del tren superior y las pruebas de velocidad en natación sobre 25m y 50m (Hawley *et al.*, 1992; Sharp *et al.*, 1982). Por tanto, un programa de fuerza tanto en seco como en agua podría ser beneficioso para la mejora de las capacidades determinantes del rendimiento de los jugadores de waterpolo.

Por ello, el problema que nos planteamos es:

- 1) ¿Qué método de entrenamiento es más óptimo para la mejora de las capacidades físicas en jugadores de waterpolo?

1.4.4. Problemas del Estudio 4

Cuando se diseña una intervención de entrenamiento con los ejercicios de fuerza, ésta debe adaptarse a las necesidades individuales de los atletas teniendo en consideración las características biomecánicas y fisiológicas de la actividad deportiva/atleta que están involucradas en él. Por lo tanto, para optimizar la transferencia de los beneficios del entrenamiento para el rendimiento deportivo de la fuerza, los ejercicios deben reflejar el tipo de actividad que requiere este deporte (Rimmer *et al.*, 2000; Ford *et al.*, 1983). La especificidad es uno de los principios de entrenamiento más importantes y

determinantes para la mejora del rendimiento del atleta. Por tanto, un programa de fuerza combinado y específico del waterpolo podría ser beneficioso para la mejora de las capacidades determinantes del rendimiento de los jugadores de waterpolo.

Por ello, el problema que nos planteamos es:

- 1) ¿La especificidad del entrenamiento es determinante para la mejora de las capacidades físicas de los jugadores de waterpolo?

1.5. Objetivos específicos

1.5.1. Estudio 1

Examinar:

- El efecto del entrenamiento de fuerza en el tren inferior sobre la capacidad de salto vertical en seco y en agua, la velocidad de lanzamiento y el tiempo de nado en jugadoras de waterpolo.

1.5.2. Estudio 2

Examinar:

- El efecto del entrenamiento de fuerza en el tren inferior y superior sobre la capacidad de salto vertical en seco y en agua, la velocidad de lanzamiento y el tiempo de nado en jugadores de waterpolo.

1.5.3. Estudio 3

Analizar:

- Los efectos de un entrenamiento de fuerza versus un entrenamiento tradicional de waterpolo (sólo en agua) sobre la capacidad de salto vertical en

seco y en agua, la velocidad de lanzamiento, el tiempo de nado y la agilidad en el agua.

1.5.4. Estudio 4

Analizar:

- Los efectos de un entrenamiento tradicional de waterpolo en agua frente a un entrenamiento en seco y otro combinado (seco + agua) sobre la capacidad de salto en seco y en agua, la velocidad de lanzamiento, el tiempo de nado y la agilidad en el agua.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Estudio 1

Problema. Varias investigaciones han proporcionado información sobre las características fisiológicas y de las aptitudes de los jugadores de waterpolo (Pavlik *et al.*, 2001; Tsekouras *et al.*, 2005), pero pocos datos sobre las jugadoras han sido publicados (Marrin *et al.*, 2007; Tan *et al.*, 2009). En particular, los datos que describen las capacidades de fuerza y potencia de las jugadoras son insuficientes. A pesar del aumento de la profesionalidad del waterpolo, hay una escasez de publicaciones sobre las características de rendimiento y pocos datos disponibles sobre los jugadores de waterpolo en el transcurso de una temporada completa. Sin embargo, no tenemos conocimiento de que los autores se hayan centrado en el análisis de un programa de entrenamiento de fuerza y de potencia aplicado durante la temporada con el fin de mejorar el rendimiento de las jugadoras profesionales de waterpolo.

Por lo tanto, proponemos la siguiente hipótesis:

Hipótesis. Un entrenamiento de fuerza de 16 semanas de alta intensidad en el tren inferior produce un efecto positivo en la fuerza muscular y otros factores críticos para el rendimiento en waterpolo (la velocidad de lanzamiento, el tiempo de nado, y las habilidades en los saltos).

1.6.2. Estudio 2

Problema. La investigación sobre el waterpolo se ha centrado principalmente en los perfiles fisiológicos (Lozovina *et al.*, 2004; Pavlik *et al.*, 2005; Smith, 1998; Tsekouras *et al.*, 2005) y las capacidades de nado de los atletas de élite (Falk *et al.*, 2004; Platanou *et al.*, 2006). Sin embargo, en la última década, se han investigado los aspectos técnicos y tácticos de partidos de competición (Lozovina *et al.*, 2004; Lupo *et al.*, 2010; Smith, 2004), incluso teniendo en cuenta las posibles diferencias entre los niveles competitivos. Sin embargo, ningún estudio se ha centrado en el análisis de un programa de entrenamiento de fuerza específica y de alta intensidad implementada durante la temporada para mejorar el rendimiento de los jugadores profesionales de waterpolo.

Por lo tanto, proponemos la siguiente hipótesis:

Hipótesis. Un entrenamiento de fuerza de 18 semanas de alta intensidad en el tren inferior y superior produce un efecto positivo en la fuerza muscular y otros factores críticos para el rendimiento en waterpolo (la velocidad de lanzamiento, el tiempo de nado, y las habilidades en los saltos).

1.6.3. Estudio 3

Problema. Varios estudios han proporcionado información sobre los métodos de entrenamiento en seco para los jugadores de waterpolo, pero no hay datos publicados sobre los métodos de entrenamiento de fuerza en agua. En particular, los datos que describen las capacidades de fuerza y potencia de los jugadores profesionales de waterpolo son insuficientes. A pesar del aumento

de la profesionalidad en este deporte, hay una escasez sobre la investigación de las características de rendimiento de estos deportistas, y pocos datos disponibles en el transcurso de un programa de entrenamiento específico de fuerza (Bloomfield *et al.*, 1990)

Debido a la mayor especificidad de la metodología en agua, planteamos la hipótesis siguiente:

Hipótesis. Un entrenamiento de fuerza específica en agua proporcionará mayor efecto positivo sobre la fuerza muscular y otras cualidades críticas para el rendimiento en waterpolo (la velocidad de lanzamiento, el tiempo de nado, la capacidad de salto y la agilidad en el agua) que el entrenamiento de fuerza de seco.

1.6.4. Estudio 4

Problema. Los jugadores y los entrenadores de waterpolo han utilizado el entrenamiento de fuerza para la mejora del rendimiento, sin embargo, pocos estudios describen la transferencia de los efectos producidos por los diferentes métodos de entrenamiento de fuerza sobre otras capacidades condicionales. La escasez de estudios en la literatura sobre los efectos de métodos de entrenamiento combinado y de fuerza en el rendimiento también son inconcluyentes (Delecluse *et al.*, 1995; Comfort *et al.*, 2012). Debido al hecho que los ejercicios con resistencias empleados en estos estudios no eran específicos para este deporte. Por lo tanto, la falta de especificidad en estos ejercicios ha llevado a la ausencia de mejoras en el rendimiento.

Por lo tanto, proponemos la siguiente hipótesis:

Hipótesis. Un entrenamiento combinado (ejercicios de fuerza en seco y en agua) produce mayor efecto sobre la velocidad de lanzamiento, el tiempo de nado, la capacidad de salto y la agilidad en el agua en jugadores de waterpolo que un entrenamiento de fuerza específica en el agua, o un entrenamiento de fuerza en seco (pliometría en tren inferior y superior) por separado.

Bibliografía

1. Behm, DG, & Sale, DG. Velocity specificity of resistance training. *Sports Med* 15: 374–388, 1993.
2. Bloomfield, J, Blanksby, BA, Ackland, TR, & Allison, GT. The influence of strength training on overhead throwing velocity of elite water polo players. *Aust J Sci Med Sport* 22(3): 63-67, 1990.
3. Chelly, MS, Hermassi, S, & Shepard, RJ. Relationships between power and strength of the upper and lower body muscles and throwing velocity in male handball players. *J Strength Cond Res* 23: 1480-1487, 2010.
4. Chelly, MS, Fathloun, M, Cherif, N, Amar, MB, Tabka, Z, & Van Praagh, E. Effects of a back squat training program on leg power, jump and sprint performances in junior soccer players. *J Strength Cond Res* 23: 2241-2249, 2009.
5. Comfort, P, Haigh, A, & Matthews, MJ. Are changes in maximal squat strength during preseason training reflected in changes in sprint performance in rugby league players? *J Strength Cond Res* 26 (3):772-776. 2012.
6. Costill, DL. Training adaptations for optimal performance. In: Bio-mechanics and Medicine in Swimming VIII. K.L. Keskinen, P.V. Komi, and A.P. Hollander, eds. Finland: University of Jyväskylä. 381-390, 1999.
7. Delecluse, C, Van Coppenolle, C, Willems, H, Van Leemputte, M, Diels, R, & Goris, M. Influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* 27: 1203–1209, 1995.
8. Falk, B, Lidor, R, Lander, Y, & Lang, B. Talent identification and early development of elite water polo players: A 2-year follow-up study. *J Sports Sci* 22: 347-355, 2004.
9. Ferragut, C, Abrales, JA, Vila, H, Rodríguez, N, Argudo, FM, & Fernandes, J. Anthropometry and throwing velocity in elite water polo by specific playing positions. *J Hum Kin* 27: 31-44, 2011.

10. Fleck, SJ, Smith, SL, Craib, MW, Denahan, T, Snow, R, & Mitchell, ML. Upper extremity isokinetic torque and throwing velocity in team handball. *J Strength Cond Res* 6: 120-124, 1992.
11. Ford, HJR, Puckett, J, Drummond, J, Sawyer, K, Gantt, K, & Fussell, C. Effects of three combinations of plyometric and weight training programs on selected physical fitness test items. *Precept Mot Skills* 56(3): 919-922, 1983.
12. Gorostiaga, EM, Granados, C, Ibáñez, J, & Izquierdo, M. Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *Int J Sports Med* 26: 225-232, 2005.
13. Hawley, JA, Williams, MM, Vickovic, MM, & Handcock, PJ. Muscle power predicts freestyle swimming performance. *Brit J Sport Med* 26(3): 151-155, 1992.
14. Hermassi, S, Chelly, MS, Fathloun, M, & Shepard, RJ. The effect of heavy- vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *J Strength Cond Res* 24: 2408–2418, 2010.
15. Lozovina, V, & Pavicic, L. Anthropometric Changes in Elite Male Water Polo Players: Survey in 1980 and 1995. *Croatian Medical J* 45(2): 202-205, 2004.
16. Lupo, C, Tessitore, A, Minganti, C, & Capranica, C. Notational analysis of elite and sub-elite water polo matches. *J Strength Cond Res* 24: 223-229, 2010.
17. Marrin, K, & Bampouras, TM. Anthropometric and physiological characteristics of elite female water polo players. In: *Kinanthropometry X*. Marfell-Jones, M and Olds, T, eds. Oxford, UK: Routledge. 151-163, 2007.
18. McCafferty, WB, & Horvath, SM. Specificity of exercise and specificity of training: A subcellular review. *Res Q* 48: 358–371, 1977.
19. McCluskey, L, Lynskey, S, Kei Lung, C, Woodhouse, D, Briffa, K, & Hopper, D. Throwing velocity and jump height in female water polo players: Performance predictors. *J Sci Med Sport* 13: 236–240, 2010.

20. McEvoy, KP, & Newton, RU. Baseball throwing speed and base running speed: The effects of ballistic resistance training. *J Strength Cond Res* 12: 216-221, 1998.
21. Pavlik, G, Olexo, ZS, Osvath, P, Sido, Z, & Frenkl, R. Echocardiographic characteristics of male athletes of different age. *Brit J Sports Med* 35: 95–99, 2001.
22. Pavlik, G, Kemeny, D, Kneffel, Z, Petrenatis, M, Horvath, P, & Sido, Z. Echocardiographic data in Hungarian top level water polo players. *Med Sci Sports Exerc* 37: 323-328, 2005.
23. Pichon, F, Chatard, JC, Martin, A, & Cometti, G. Electrical stimulation and swimming performance. *Med Sci Sports Exerc* 27: 1671– 1676, 1995.
24. Platanou, T & Geladas, N. The influence of game duration and playing position on intensity of exercise during match-play in elite water polo players. *J Sports Sci* 24: 1173–1181, 2006.
25. Rimmer, E, & Sleivert, G. Effects of plyometric intervention program on sprint performance. *J Strength Cond Res* 14: 295–301, 2000.
26. Sharp, RL, Troup, JP, & Costill, DL. Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Med Sci Sports Exerc* 14: 53-56, 1982.
27. Stewart, AM, & Hopkins, WG. Seasonal training and performance of competitive swimmers. *J Sports Sci* 18: 873–884, 2000.
28. Strass, D. Effects of maximal strength training on sprint performance of competitive swimmers. In: *Swimming Science V*. Eds: Ungerechts, B.E., Wilke, K. and Reischle, K. Spon Press, London. 149-156, 1988.
29. Tan, FHY, Polglaze, T, Dawson, B, & Cox, G. Anthropometric and fitness characteristics of elite Australian female water polo players. *J Strength Cond Res* 23(5): 1530–1536, 2009.
30. Tanaka, H, Costill, DL, Thomas, R, Fink, WJ, & Widrick, JJ. Dry-land resistance training for competitive swimming. *Med Sci Sports Exerc* 25: 952-959, 1993.

31. Tsekouras, YE, Kavouras, SA, Campagna, A, Kotsis, GP, Syntosi, SS, Papazoglou, K, & Sidossis, LS. The anthropometrical and physiological characteristics of elite water polo players. *Eur J Appl Phys* 95(1): 35-41, 2005.
32. Van Den Tillaar, R. Effect of different training programs on the velocity of over arm throwing: A brief review. *J Strength Cond Res* 18: 388-396, 2004.

2. Estudios de investigación desarrollados

2. ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN DESARROLLADOS

- a) **Estudio 1.** Efectos de un entrenamiento específico de fuerza en el tren inferior de alta intensidad durante 16 semanas sobre la capacidad de salto, la fuerza máxima, la velocidad de lanzamiento y la velocidad de nado en un equipo profesional de waterpolo femenino.
- b) **Estudio 2.** Efectos de un entrenamiento específico de fuerza de alta intensidad en el tren inferior y superior durante 18 semanas sobre la capacidad de salto, la fuerza máxima, la velocidad de lanzamiento y la velocidad de nado en un equipo profesional de waterpolo masculino.
- c) **Estudio 3.** Efectos de un entrenamiento de fuerza en seco versus agua en el rendimiento de jugadores de waterpolo masculino.
- d) **Estudio 4.** Efectos de un entrenamiento de fuerza en seco, en agua y combinado en el rendimiento de jugadores de waterpolo masculino.

3. Metodología

3. METODOLOGÍA

3.1. Estudio 1. Título 1. Efectos de un entrenamiento específico de fuerza en el tren inferior de alta intensidad durante 16 semanas sobre la capacidad de salto, la fuerza máxima, la velocidad de lanzamiento y el tiempo de nado en un equipo profesional de waterpolo femenino.

3.1.1. Introducción

Hasta el año 2000, el waterpolo (WP) femenino no estaba incluido dentro del programa olímpico, y la información sobre las características físicas y demandas fisiológicas de las jugadoras profesionales de WP era limitada. Como muchos deportes de equipo, el WP requiere una combinación de resistencia, fuerza, velocidad y potencia. El WP es un deporte muy exigente fisiológicamente para las jugadoras debido a la adaptación al medio acuático y su naturaleza intermitente (Mujika *et al.*, 2006; Smith, 1998). Al ser un deporte acuático y de contacto, el rendimiento competitivo en el WP no sólo depende de la fuerza, sino también de la capacidad de ejercer la potencia requerida por esta disciplina. Además de las habilidades técnicas y tácticas, la fuerza y la potencia muscular son factores importantes que subyacen en el rendimiento del WP (Smith, 1998).

El empleo de metodologías de fuerza y acondicionamiento físico que se dirigen para la mejora del rendimiento de la potencia y la fuerza es beneficioso para aumentar el rendimiento del jugador de WP y se considera como un punto crítico determinante del éxito en este deporte. Aunque el juego del WP en sí mismo puede mejorar muchos de estos factores, los jugadores profesionales de WP deben realizar un programa adicional de acondicionamiento específico, incluyendo ejercicios para desarrollar esfuerzos anaeróbicos intermitentes de alta intensidad, velocidad, cambio de dirección, fuerza y potencia. Existe un consenso general entre los entrenadores y científicos del deporte sobre los principales determinantes de la velocidad del balón durante el lanzamiento

como son la técnica, la sincronización del movimiento en los segmentos corporales, la fuerza del tren superior e inferior, y del tronco y la capacidad de salto vertical (Ferragut *et al.*, 2011; McCluskey *et al.*, 2010). Cada uno de estos factores se puede mejorar con un entrenamiento adecuado, en particular con los programas de ejercicios con resistencias. Chelly *et al.*, (2010) previamente destacaron la contribución del tren inferior a la capacidad de lanzamiento, subrayando que los entrenadores deben incluir programas de fuerza y potencia no sólo para los hombros y los brazos, sino también para los miembros inferiores. 2 sesiones de entrenamiento a la semana parecen suficientes para inducir una mejora sustancial no sólo en la producción de potencia máxima y la fuerza dinámica, sino además en la velocidad de lanzamiento (Hermassi *et al.*, 2010).

Varios estudios han proporcionado información sobre las características fisiológicas y físicas de los jugadores profesionales de WP (Pavlik *et al.*, 2001; Platanou, 2005; Tsekouras *et al.*, 2005), pero pocos datos sobre las jugadoras han sido publicados (Marrin *et al.*, 2007, Tan *et al.*, 2009; Tan *et al.*, 2009). No tenemos conocimiento sobre artículos científicos que describan las capacidades de fuerza y potencia de las jugadoras. A pesar del aumento del profesionalismo del WP, hay escasas investigaciones sobre las características del rendimiento de las jugadoras profesionales, y hay pocos datos disponibles sobre los jugadores de waterpolo en el transcurso de una temporada completa. Sin embargo, para conocimiento de los autores ningún estudio se ha centrado en el análisis de un programa de entrenamiento específico de fuerza y potencia implementado en temporada con el fin de mejorar el rendimiento de las jugadoras profesionales de WP.

Nuestra hipótesis establece que las jugadoras profesionales de WP que complementan su entrenamiento de WP durante la temporada de competición junto con un programa específico de potencia y de alta intensidad para el tren inferior durante 16 semanas con dos sesiones por semana mejorarán la fuerza

muscular y otros factores fundamentales para el rendimiento de WP (velocidad de lanzamiento, el tiempo de nado, y capacidad de salto).

3.1.2. Diseño experimental y aproximación al problema

Este estudio pretendió abordar la cuestión de cómo un entrenamiento específico de fuerza en seco, de 16 semanas (32 sesiones), centrado exclusivamente en el tren inferior, afectó al rendimiento deportivo de jugadoras profesionales de WP. La asignación de los grupos se realizó al azar, con el mismo número de sujetos por grupo y se realizaron dos mediciones tanto antes (pre-test) como después del tratamiento (pos-test). El grupo control (GC) se centró en su rutina de entrenamiento habitual que consistió en: 5 sesiones de entrenamiento semanales de 1 h 30 min a 2h, más un partido a la semana (siempre fin de semana). El grupo experimental (GE) realizó un entrenamiento específico de fuerza en seco, 16 semanas (2 días/semana), además de su rutina habitual de entrenamiento en agua. A ambos grupos se les realizó un pre-test y un pos-test. Estos tests o mediciones se completaron en dos jornadas previas y otras dos posteriores al entrenamiento. El primer día (lunes) se realizaron los tests en seco o tests de laboratorio, realizados en la Universidad Pablo de Olavide, estos son: salto CMJ y sentadilla completa. A los dos días, realizamos los tests de campo o tests en el agua, que consistían en: la medición de velocidad de lanzamiento con radar y el tiempo en recorrer 20 metros a nado libre. Después de los tests iniciales se asignaron al azar los sujetos a los grupos experimentales. Antes del comienzo del tratamiento, los sujetos fueron instruidos en la correcta ejecución técnica de todos los ejercicios que realizaron. El protocolo de entrenamiento de fuerza sólo incluyó la realización de ejercicios sobre el tren inferior. Todas las sesiones de entrenamiento fueron supervisadas por el investigador. Todos los sujetos eran inexpertos en el entrenamiento de fuerza con resistencia (pesas). Los entrenamientos se realizaron los lunes y miércoles de 11:00 a 12:00. A los sujetos se les informó que evitaran cualquier actividad física extenuante durante el tratamiento y a mantener sus hábitos alimenticios.

GRUPOS	ASIGNACIÓN	PRE-TEST	TRATAMIENTO	POST-TEST (16 semanas)
Control	10 Jugadoras	Salto CMJ	No entrenan fuerza Sólo entrenamiento de agua	Salto CMJ
		Sentadilla completa		Sentadilla completa
		Velocidad de lanzamiento		Velocidad de lanzamiento
		Tiempo de nado en 20 metros		Tiempo de nado en 20 metros
Experimental	11 jugadoras	Salto CMJ	Entrenan fuerza (2 días/semana)	Salto CMJ
		Sentadilla completa	Sentadilla completa	Sentadilla completa
		Velocidad de lanzamiento	Salto con carga	Velocidad de lanzamiento
		Tiempo de nado en 20 metros	Salto sin carga + Entrenamiento agua = al GC	Tiempo de nado en 20 metros

Tabla 1. Tabla resumen de las mediciones y los ejercicios utilizados del estudio 1.

CMJ: salto con contramovimiento.

3.1.3. Sujetos experimentales

La muestra era un grupo formado por 21 mujeres, con edades comprendidas entre 16 y 36 años. Estas jugadoras formaban parte de un equipo sénior femenino que compitió en división de honor, máxima competición nacional. Algunas de estas jugadoras han participado también en competiciones

internacionales con la selección española de WP. Las participantes en este estudio tienen de media una experiencia deportiva superior a los 10 años. La división de grupos fue al azar: 10 en el grupo control (GC) y 11 en el grupo experimental (GE). Los sujetos tenían gran experiencia en el deporte. Los criterios de exclusión de la investigación eran los siguientes: sujetos con problemas médicos potenciales o historial de patologías en tobillo, rodilla o espalda en los últimos tres meses antes del estudio, sujetos con problemas médicos u ortopédicos que comprometía su participación o rendimiento en este estudio, o algún tipo de cirugía reconstructiva en la extremidad inferior en los últimos dos años, o problemas músculo-esqueléticos sin resolver. Sin embargo, sujetos que estuvieran tomando vitaminas, minerales o suplementos naturales (excepto Mono hidrato de Creatina) no han sido eliminados. Todos los participantes han sido informados detalladamente sobre el contenido del estudio, sus objetivos, sus posibles riesgos y beneficios, y todos nos dieron su consentimiento por escrito antes de realizar los tests iniciales y el tratamiento. El estudio se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki y aprobado por el Comité Ético de la Universidad Pablo de Olavide.

3.1.4. Protocolo experimental

El estudio tuvo lugar en el laboratorio de rendimiento deportivo de las instalaciones deportivas de la Universidad Pablo de Olavide y en una piscina de competición con sus medidas reglamentarias (25X12,5m). El grupo control (GC) entrenó exclusivamente en el agua (5 días, más partidos), con su rutina habitual. El grupo experimental (GE), entrenó además de su rutina en el agua, entrenamiento específico de fuerza centrado en el tren inferior, 16 semanas, dos días por semana. Los ejercicios realizados durante el entrenamiento en seco fueron: Sentadillas, saltos con carga y saltos sin carga.

3.1.5. Variables objeto de estudio

Variables independientes

El estudio planteado fue de carácter experimental y existían una serie de variables que actuaron como independientes en la explicación de las variables estudiadas y, por tanto, como tales se consideraron. Estas variables eran las siguientes:

- *Sentadilla completa.*
- *Saltos con carga.*
- *Saltos sin carga.*

Variables dependientes

- *Velocidad de lanzamiento, medido con radar.*
- *Tiempo en nadar 20 m estilo libre.*
- *Altura de salto CMJ.*
- *Fuerza máxima en sentadilla completa FULL-SQUAT.*

3.1.6. Control de variables extrañas

El cumplimiento del protocolo en la ejecución de los ejercicios se controló debidamente en el momento de la realización de los tests, como se explica más adelante al describirlos. Las variables situacionales no existieron ya que todos realizaron los tests en las mismas condiciones y con las mismas instrucciones. El efecto del aprendizaje no existió o se eliminó, porque, según se indicó, los sujetos se familiarizaron con el ejercicio de sentadilla completa y se les realizó una o dos sesiones previas de familiarización con los ejercicios de salto sin carga y con carga.

3.1.7. Mediciones

3.1.7.1. Antropometría

La altura se midió con un tallímetro de pared (Seca222, NY, EE.UU.). La masa corporal se midió utilizando una escala médica, y la masa grasa, masa libre de grasa y el porcentaje de grasa corporal se estimó a partir de bio-impedancia (Tanita BC-418MA, Japón).

3.1.7.2. Test salto vertical en agua

La medición de la altura del salto vertical se realizó siguiendo el modelo propuesto por Platanou (2005). El salto vertical en el agua se evaluó mediante una tabla con una escala en centímetros. Su base estuvo colocada perpendicularmente en el borde de la piscina, a la altura de la superficie del agua. La placa se colocó 120 cm sobre la superficie del agua, en una posición tal que no obstaculizara el movimiento de los participantes durante el salto. La distancia entre el nivel inferior de la junta y la superficie del agua se mide con un trozo de cuerda con un pequeño peso atado. La altura de la placa pudo ser fácilmente ajustada para mantener constante la distancia.



Figura 3. Imagen del modelo propuesto para la medición de salto en agua de Platanou (2005).

Con el fin de registrar los saltos a los jugadores, se usó una cámara de vídeo SVHS (50 Hz frecuencia de muestreo, 720 y 576 píxeles de resolución horizontal y vertical, respectivamente) y se colocó en frente del tablero. La resolución de la medida era de 0,5 cm.

Los jugadores esperaban en posición de base, la cual consistía en sumergir el cuerpo hasta la zona del acromion, posición comúnmente adoptada por los jugadores cuando no están participando activamente en el juego. A continuación, estaban listos debajo de la tabla para saltar hacia arriba y tocar con la mano el punto más alto de la tabla que pudieran alcanzar (en 3 ocasiones diferentes). El análisis de video posterior se realizó mediante la congelación de la imagen, concretamente cuando el jugador tocaba con su mano el punto más alto de la tabla. Esto permitió la identificación de la distancia entre la superficie del agua y el punto más alto alcanzado sumando los centímetros obtenidos en el salto más la medida de la tabla (120 cm). La distancia total medida fue restada de la longitud de la extremidad superior.

3.1.7.3. Test salto vertical CMJ sin carga

El CMJ es un salto vertical en el que se pretendió alcanzar la máxima elevación del centro de gravedad realizando una flexión-extensión rápida de piernas con la mínima parada entre ambas fases. La flexión llegó hasta un ángulo aproximado de 90°, aunque el grado de flexión no parece determinante si los saltos son "normales" o "naturales". No existió la ayuda de brazos, por lo que las manos debían quedar fijas, pegadas a las caderas. El tronco estuvo próximo a la vertical, sin un adelantamiento excesivo. Las piernas permanecieron rectas durante la fase de vuelo, tomando contacto con el suelo con las puntas de los pies, y las rodillas estiradas. Después de tomar contacto con el suelo se podían flexionar las piernas hasta un ángulo aproximado de 90° en las rodillas. La posición inicial del sujeto fue de pie con el cuerpo estirado y guardando la vertical (sin flexión de caderas o rodillas y sin inclinación hacia los lados o delante-atrás). La medición

se realizó con una plataforma de contacto electrónica (Ergo-Jump, Muscle LabV718, Langesund, Norway). Se realizaron tres saltos, separados por dos minutos de descanso aproximadamente entre intentos. La media de los tres valores se utilizó como el análisis estadístico.

3.1.7.4. Test de sentadilla completa. Fuerza dinámica máxima (1RM)

Para medir la fuerza dinámica máxima del tren inferior del cuerpo (1RM) se determinó como el peso más alto que pudo ser levantado a través de toda la gama de movimiento de una sentadilla con la técnica correcta. Los participantes llevaron a cabo la sentadilla desde una posición completamente extendida teniendo apoyada la barra en los hombros. A la orden, los participantes realizaron una sentadilla excéntrica controlada a un ángulo de la rodilla de 60°, seguido sin pausa por una extensión de la pierna concéntrica (lo más rápido posible) de regresar a la extensión completa. El tronco se mantuvo lo más recto posible. El test estuvo dirigido por un especialista en entrenamiento de fuerza y acondicionamiento físico, que se encargó de comprobar la técnica correcta. Todos los participantes utilizaron un cinturón de seguridad. Las pruebas se realizaron en una máquina multipower (Smith, Modelo Adan - Deporte, Granada, España). La velocidad de desplazamiento se determinó usando una máquina multipower en el que la barra se une en ambos extremos, con rodamientos lineales en 2 barras verticales que permiten sólo movimientos verticales. Además, la barra de desplazamiento, el pico y la velocidad (metros por segundo) significa que se registraron utilizando un transductor lineal de velocidad adjunta al final de la barra. El transductor lineal de velocidad registró la posición y la dirección de la barra con una precisión de 0,0003 m. Se utilizó un programa informático (T-Force system, Ergotech, Murcia, España) para calcular la velocidad de desplazamiento para cada repetición de las sentadillas que se realizaron a lo largo de todo el rango de movimiento. El calentamiento consistió en una serie de 10 repeticiones con cargas de 40 a 60 % del máximo percibido. A partir de entonces, se realizaron 5-6 intentos individuales separados hasta que el

sujeto no podía extender las piernas en la posición deseada. El último intento aceptable con mayor carga posible se determinó como 1RM. El período de descanso entre los intentos siempre fue de 2 minutos.

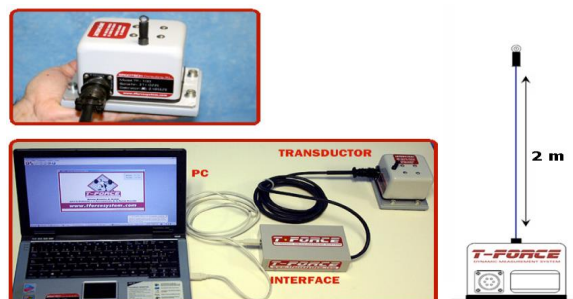


Figura 4. Dispositivo *T-FORCE System* para la evaluación y el entrenamiento de la fuerza.

3.1.7.5. Test tiempo de nado en 20 metros

El estudio se desarrolló en una piscina de competición con sus medidas reglamentarias (25X12,5m). A través de esta medición, conocemos el tiempo que emplea un jugador para recorrer 20 metros a la máxima velocidad de nado. La medición se realizó con un sistema de cronometraje electrónico (Ergo-Test, Muscle Lab. V7.18, Langesund, Norway). Todos los sujetos realizaron un calentamiento estandarizado previo de 15 minutos dirigido por el investigador. El jugador partió de una posición vertical y situado de espaldas hacia la dirección que va a nadar, recibió una señal sonora, por lo que debía realizar un giro de 180° y nadar a la máxima velocidad en la distancia citada. Se realizaron tres intentos con cinco minutos de descanso entre series. Se seleccionó el mejor tiempo para el análisis estadístico.

3.1.7.6. Test de velocidad de lanzamiento

La medición de este test se realizó por medio del radar Stalker-Sport-Radar (Plano, TX, USA), detallado en los instrumentos de medida. Todos los participantes siguieron un protocolo de calentamiento antes de la prueba, que constó de 10 minutos de nado, más 5 minutos de pases con balón (400 gramos de peso, circunferencia de 0.65 metros, Mikasa W6009c, Irvine, CA, USA) para preparar la articulación muñeca-codo y el hombro. Al finalizar el calentamiento, con lanzamientos a portería e inmediatamente después realizaron el test, que consistió en lanzar lo más rápido posible y con precisión (lanzar al centro) a la portería desde una distancia de 5 m. Se registraron los 3 lanzamientos de cada sujeto, hasta un máximo de 3 series de 3 lanzamientos consecutivos. Se proporcionó 1-2 minutos de descanso entre las series de lanzamientos y 10 a 15 segundos entre el 2º lanzamientos de la misma serie. Los 2 valores extremos de los ensayos fueron eliminados (mejor y peor), y la media de los valores centrales se utilizó para el análisis estadístico posterior.



Figura 5. Pistola y pantalla de radar Stalker Sport.

3.1.8. Procedimiento

Dos semanas antes de aplicar los tests a cada sujeto, se llevaron a cabo dos sesiones de familiarización con los test de salto (CMJ) y de fuerza (sentadilla), en las mismas condiciones que los tests definitivos. Los tests iniciales se realizaron durante 2 días en una misma semana. Pero no en días consecutivos, el lunes tuvieron lugar los tests de laboratorio y el miércoles los de campo o piscina. Para los tests de laboratorio (salto CMJ y sentadillas

completas) se ordenaron a los sujetos en grupos de 4, (totalmente al azar), con el fin de agilizar el proceso y dedicar el descanso óptimo y adecuado a cada sujeto. Por lo tanto, tuvimos cuatro grupos de cuatro. La duración total de los tests de laboratorio se programó para 1 hora. El horario de los tests de laboratorio fue el siguiente: primer grupo de 17-18h, segundo grupo de 18-19h, tercer grupo de 19-20h y cuarto grupo de 20-21h. Después de la llegada de cada grupo al laboratorio se cambiaron de ropa de calle por una ropa y calzado apropiados para la realización de los tests, se les explicó el orden de los mismos y su orden de participación. El orden de ejecución de los tests fue el mismo para todos los grupos. El miércoles de esa misma semana, habiendo descansado suficientemente, se realizaron los tests de campo, o tests en la piscina. La misma división de grupos se utilizó para estas mediciones. Los sujetos fueron convocados en las instalaciones de la siguiente manera: primer grupo de 17-18h, segundo grupo de 18-19h, tercer grupo de 19-20h y cuarto grupo de 20-21h. Los tests finales se realizaron después de las 18 semanas de entrenamiento. Se repitió el mismo procedimiento que en los tests iniciales. Es importante destacar que se repitió la programación de los horarios y que los sujetos volvieron a realizar el test final en la misma franja horaria que en el test inicial. El peso se midió con una báscula de precisión (0.1 kg) (modelo Seca 011, NY, USA). Los sujetos fueron cuidadosamente familiarizados con el procedimiento de los tests de fuerza y producción de potencia durante varias acciones máximas y sub-máximas días antes de comenzar con las mediciones, y se realizaron también como propósito de control. Adicionalmente, todos los sujetos realizaron un calentamiento previo a la ejecución de los ejercicios de familiarización. Todos los tests para determinar la fuerza, la potencia y la velocidad se llevaron a cabo en el pre-test y en el post-test (periodo inicial y final de competición). Adicionalmente, tuvimos en consideración un descanso suficiente entre los tests para reducir los efectos de la fatiga en los subsiguientes tests.

3.1.9. Tratamiento

El grupo de entrenamiento completó 16 semanas de tratamiento individualizado cumpliendo con una frecuencia de entrenamiento de 2 veces por semana. Se entregó un diario de entrenamiento a cada sujeto, donde se indicaba la relación del volumen y la intensidad de cada sesión (calentamiento general calentamiento específico, número de series, número de repeticiones, descanso entre las series y repeticiones, carga diaria).

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8
Sesiones/Ejercicios	S1-S2	S3-S4	S5-S6	S7-S8	S9-S10	S11-S12	S13-S14	S15-S16
Sentadilla completa	3X6 (1m/s ⁻¹)	3X6 (1m/s ⁻¹)	3X6 (1m/s ⁻¹)	3X6 (0.8 m/s ⁻¹)	3X6 (0.8 m/s ⁻¹)	3X6 (0.8 m/s ⁻¹)	3X6 (0.7 m/s ⁻¹)	3X6 (0.7 m/s ⁻¹)
Split	3X6 (1m/s ⁻¹)	3X6 (1m/s ⁻¹)	3X6 (1m/s ⁻¹)	3X6 (0.8 m/s ⁻¹)	3X6 (0.8 m/s ⁻¹)	3X6 (0.8 m/s ⁻¹)	3X6 (0.7 m/s ⁻¹)	3X6 (0.7 m/s ⁻¹)
CMJ con carga	3X4 (1m/s ⁻¹)	3X4 (1m/s ⁻¹)	3X4 (1m/s ⁻¹)	3X5 (0.8 m/s ⁻¹)	3X5 (0.8 m/s ⁻¹)	3X5 (0.8 m/s ⁻¹)	3X5 (0.7 m/s ⁻¹)	3X5 (0.7 m/s ⁻¹)
CMJ	3X5	3X5	3X5	3X5	4X5	4X5	4X5	4X5
Abdominales (oblicuo, recto abdominal y transverso)	4X20	4X20	4X20	5X20	5X20	5X20	6X20	6X20
Semanas	9	10	11	12	13	14	15	16
Sesiones/Ejercicios	S19-S20	S21-S22	S23-S24	S25-S26	S27-S28	S29-S30	S31-S32	S33-S34
Sentadilla completa	4X6 (1m/s ⁻¹)	4X6 (1m/s ⁻¹)	4X6 (1m/s ⁻¹)	4X6 (0.8 m/s ⁻¹)	4X6 (0.8 m/s ⁻¹)	4X6 (0.8 m/s ⁻¹)	4X6 (0.7 m/s ⁻¹)	4X6 (0.7 m/s ⁻¹)
Split	4X6 (1m/s ⁻¹)	4X6 (1m/s ⁻¹)	4X6 (1m/s ⁻¹)	4X6 (0.8 m/s ⁻¹)	4X6 (0.8 m/s ⁻¹)	4X6 (0.8 m/s ⁻¹)	4X6 (0.7 m/s ⁻¹)	4X6 (0.7 m/s ⁻¹)
CMJ con carga	3X4 (1m/s ⁻¹)	3X4 (1m/s ⁻¹)	3X4 (1m/s ⁻¹)	3X5 (0.8 m/s ⁻¹)	3X5 (0.8 m/s ⁻¹)	3X5 (0.8 m/s ⁻¹)	3X5 (0.7 m/s ⁻¹)	3X5 (0.7 m/s ⁻¹)
CMJ	5X5	5X5	5X5	5X5	6X5	6X5	6X5	6X5
Abdominales	6X20	6X20	6X20	7X20	7X20	7X20	8X20	8X20

Tabla 2. Programa de entrenamiento para el grupo experimental del estudio 1. **S**= sesiones, series y repeticiones; **(m/s⁻¹)**: Velocidad de desplazamiento de la barra durante la fase concéntrica de la sentadilla completa (1m/ s⁻¹= 60% 1RM); (0.9 m/ s⁻¹= 67%); (0.8 m/ s⁻¹= 74%); (0.7 m/ s⁻¹= 80%); (0.6 m/ s⁻¹= 86%); **Sentadilla completa**: Flexionar las rodillas hasta formar un ángulo de 60° en la rodilla (excéntrico), seguida sin pausa por una extensión de las piernas (concéntrica) tan rápido como sea posible para regresar a la extensión completa; **CMJ**: Salto con contramovimiento; **1RM**: Repetición máxima.

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
500 m nado variado.	400 m nado variado.	400 m nado variado.	400 m nado variado.	Preparación para el partido.	Partido	Descanso
5x2 min Piernas frontal y de espalda con gomas elásticas.	10x1 min Piernas frontal y de espalda con gomas elásticas.	Ejercicios tácticos (superioridad, contraataque, formas jugadas).	20x25 m estilo libre.	Superioridad, contraataque, formas jugadas.		
5x2 min Nado frontal y de espalda con gomas elásticas.	10x1 min Nado frontal y de espalda con gomas elásticas.	Partido amistoso.	Ejercicios de técnica (pases, movimientos defensivos, lanzamiento)			
5x100 m estilo libre.	5x200 m 4 Estilos.		Ejercicios tácticos (superioridad, contraataque, formas jugadas)			
5x50 m estilo libre.	5x100 m estilo libre.					
10x25 m estilo libre.	10x50 m estilo libre.					
Ejercicios de técnica (pases, movimientos defensivos, lanzamiento).	Ejercicios de técnica (pases, movimientos defensivos, lanzamiento).					
Ejercicios tácticos (superioridad, contraataque, formas jugadas).	Ejercicios tácticos (superioridad, contraataque, formas jugadas).					

Tabla 3. Entrenamiento semanal tipo durante el estudio 1.

3.1.10. Análisis estadístico

Se realizaron análisis estadísticos descriptivos (media \pm DE) para las medidas calculadas. El coeficiente de correlación intraclase (CCI) se utilizó para determinar la fiabilidad de las mediciones. Los efectos relacionados con el entrenamiento y las diferencias entre grupos fueron evaluados utilizando un diseño factorial mixto ANOVA con el contraste F de Snedecor. Los tamaños del efecto (TE) también se calcularon utilizando la *d* de Cohen. ([media posttest - media pretest] / pretest DE). La significación estadística se aceptó a un nivel alfa de $p \leq 0.05$. La escala utilizada para la interpretación fue la propuesta por Rhea (2004), que es específica para la investigación de entrenamiento de fuerza y el nivel de entrenamiento de los sujetos para valorar la magnitud relativa de un TE. Se consideraron las magnitudes del TE como trivial ($<0,35$), pequeña (0,35-0,80), moderada (0,80 a 1,50), o grande ($> 1,5$).

3.1.11. Resultados

Al inicio del estudio, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las variables antropométricas, fuerza o nado a sprint. Después de 16 semanas de entrenamiento, no se observaron cambios significativos en ninguna de las medidas antropométricas.

	GRUPO EXPERIMENTAL (GE)				GRUPO CONTROL (GC)			
	(n = 11)				(n = 10)			
	PRE	POST	% OF CAMBIO	TE	PRE	POST	% OF CAMBIO	TE
Salto en agua (cm)	38.41 ± 4.52	43.02 ± 3.21 *&	12.02	1.02	37.22± 5.41	38.11 ± 2.92	2.39	0.16
CMJ (cm)	28.63 ± 2.93	31.11 ± 2.83*&	8.66	0.85	27.85± 2.42	28.51 ± 2.11	2.36	0.27
Potencia pico (W)	2877.3 ± 145.7	3027.7 ± 161.86*&	5.22	0.33	2899.22 ± 151.8	2928.5 ± 155.91	1.01	0.03
Sentadilla compl. 1RM (kg)	60.88 ± 5.34	73.66 ± 5.67*&	20.99	2.41	58.87±4.33	60.50± 4.54	2.76	0.37
Sentadilla compl. Relativa (kg ⁻¹)	0.73 ± 0.19	0.92 ± 0.18*&	26.02	1.01	0.69 ± 0.12	0.72 ± 0.15	4.34	0.25
Velocidad lzto. (km/h)	50.11± 1.04	53.55 ± 1.11*&	6.86	3.44	48.01± 2.52	49.17± 2.15	2.43	0.46
Tiempo de Nado 20-m (seg)	12.93 ± 0.32	12.76 ± 0.34	1.31	0.56	13.22± 0.45	13.32± 0.42	- 0.75	0.22

Tabla 4. Resultados de los tests de rendimiento en los grupos experimental (GE) y control (GC) antes y después de 16 semanas de entrenamiento en temporada: Salto en agua (cm), CMJ (cm), potencia pico (W), sentadilla completa 1RM (kg), sentadilla completa relativa (kg⁻¹), velocidad de lanzamiento (km/h) and sprint en 20 (seg). Los valores se presentan como media ± DE. TE: tamaño del efecto.

* Diferencias significativas entre valores pre y post-entrenamiento ($p \leq 0.05$).

& Diferencias significativas entre grupo experimental y control ($p \leq 0.05$).

3.1.11.1. Salto vertical en seco (CMJ) y en agua

Aumentos estadísticamente significativos ($p \leq 0.02$) ocurrieron en la altura del salto en agua (4,6 cm, 12,02%, TE = 1.02), en el CMJ (2,4 cm; 8,66%; TE = 0,85), así como en la potencia de salida máxima (150,4 W; 5,22%; TE = 0,33) en el grupo GE. Se observaron diferencias estadísticamente significativas después del entrenamiento en la magnitud de los cambios entre los grupos. El coeficiente de correlación intraclase (CCI) fue de 0,89 (0,87-0,91) para el salto vertical en agua y 0,92 (0,90-0,94) para el CMJ.

3.1.11.2. Fuerza dinámica máxima en sentadilla completa (1RM)

La fuerza dinámica máxima y la fuerza relativa en la sentadilla aumentó significativamente ($p \leq 0,001$) en el GE (12,7 kg; 20,99%; TE = 2.41), (0.19 kg; 26,02%; TE = 1,01), respectivamente. Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) después del entrenamiento en la magnitud del incremento entre los GE y GC. El CCI para las mediciones de fuerza fue de 0,91 (0,88-0,93).

3.1.11.3. Velocidad de lanzamiento

La velocidad de lanzamiento aumentó significativamente ($p \leq 0,03$) en el GE (3.4 km / h⁻¹; 6,86%; TE = 3,44). Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) después del entrenamiento en la magnitud de los cambios entre los grupos. El CCI fue de 0,90 (0,87-0,93) para las mediciones de la velocidad de lanzamiento.

3.1.11.4. Tiempo de nado en 20 metros

El tiempo de nado en 20 metros (s) se redujo en el GE (-0,17 s; 1,31%; TE = 0,56). No se observaron diferencias estadísticamente significativas después del entrenamiento en la magnitud del incremento entre los GE y GC. El CCI fue de 0,91 (0,88-0,93) para las mediciones de nado en 20 metros.

3.1.12. Discusión

El objetivo principal de este estudio fue determinar si las jugadoras profesionales de WP podrían aumentar la fuerza y la potencia muscular con un programa de resistencias orientado para el tren inferior durante la temporada, y si éstas ganancias podrían llevarse a cabo sin perjuicio de otros aspectos relevantes del rendimiento específico del WP como saltar (en agua y en seco), nadar en 20 metros o la velocidad de lanzamiento. Para conocimiento de los autores, este es el primer estudio que describe las mejoras en el rendimiento de un grupo de jugadoras profesionales de WP. El hallazgo importante del estudio fue que nuestros resultados corroboraron nuestra hipótesis, ya que el entrenamiento de fuerza y de potencia llevado a cabo durante la temporada aumenta la fuerza y la potencia del tren inferior, como en el salto (en seco y en agua), la 1 RM en sentadilla o la velocidad de lanzamiento.

Además de la natación, el WP incluye movimientos explosivos como el salto. El salto vertical en agua es una habilidad fundamental en WP utilizado para elevar el cuerpo fuera del agua con el fin de pasar, lanzar y defender (Sanders *et al.*, 1999). El test de salto vertical en seco difiere un poco del test específico de salto vertical en agua (Platanou, 2005), sin embargo, este estudio mostró ganancias en ambos tipos de salto vertical (12,02% y 8,66%, TE moderados para salto en el agua y CMJ, respectivamente). Estos resultados pueden ser comparados con los resultados de otro estudio (Falk *et al.*, 2004) que mostraron una mejora del 15% en la altura del salto vertical. Christou *et al.*,

(2006) también encontraron una mejora del 14,4% en el CMJ de jugadores de fútbol después de ocho semanas de entrenamiento de fuerza. Sin embargo, no hemos observado mejoras significativas en el salto en agua y la altura del CMJ en el grupo control (pre-post). El movimiento de las piernas usado en WP involucra las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo. Con un programa de entrenamiento de fuerza y potencia adecuado, las jugadoras pueden generar fuerzas para conseguir elevarse y mejorar el rendimiento de su salto. Por lo tanto, para las jugadoras de WP el desarrollo de mantener la habilidad del movimiento de las piernas a altas velocidades durante todo el ciclo de patada podría ayudar a mejorar la capacidad de salto vertical en el agua (Sanders *et al.*, 1999).

Los efectos de un entrenamiento de fuerza en el rendimiento de las atletas han sido ampliamente documentados en la literatura (Ben-Sira *et al.*, 1995; Boyer *et al.*, 1990; Fry *et al.*, 1991). Por ejemplo, se han encontrado mejoras en la fuerza dinámica máxima con un entrenamiento de fuerza con cargas altas en jugadoras profesionales de balonmano (Jensen *et al.*, 1997). Los efectos de un entrenamiento combinado de potencia y fuerza con cargas altas parecen ser eficaces durante la temporada como lo demuestran los resultados actuales. Esta afirmación se apoya en el trabajo que demuestra unos resultados similares por Adams *et al.*, (1992). Ellos encontraron que los sujetos sometidos a un programa de entrenamiento combinado de pliometría y sentadilla tuvieron mayores mejoras significativas en la fuerza que aquellos que sólo entrenaron con sentadillas o ejercicios pliométricos (Adams *et al.*, 1992). Además, Fatouros *et al.*, (2000) encontraron que los efectos combinados de entrenamiento de fuerza y de potencia no sólo mejoran la capacidad de salto, sino también la fuerza del tren inferior. En consonancia con nuestro estudio, observamos un aumento significativo en sentadilla completa (20.99%, grande TE), demostrando que es posible aumentar la fuerza máxima en las jugadoras de WP durante la temporada. Es un resultado importante ya que este estudio demuestra claramente que no hay efectos perjudiciales de éste programa complementario de entrenamiento y, de hecho,

su mejora en el rendimiento. Tales cambios pueden considerarse un resultado positivo en la capacidad de juego del equipo, ya que el aumento de la fuerza máxima del tren inferior y la capacidad de salto deben dar una ventaja a todo el equipo para mantener las fuertes contracciones musculares requeridas durante algunas acciones transcurridas durante un partido de WP, tales como la lucha cuerpo a cuerpo, bloquear, empujar, y saltar en el agua. Además, la intensidad moderada de entrenamiento (rango: 60-80% 1RM en sentadilla) utilizada con el GE y el énfasis en la velocidad durante los ejercicios (sentadilla completa, split y CMJ con carga) en el presente estudio pueden proporcionar un estímulo positivo para la mejora de las adaptaciones (salto, impulso y velocidad de lanzamiento) en un corto plazo de tiempo en jugadoras de WP.

Lanzar a portería es una habilidad importante en el WP, que junto a la gran velocidad en el lanzamiento es un componente esencial para conseguir el propósito de marcar goles. Aquel jugador que lance el balón con la mayor precisión y lo más rápido posible hacia la portería, menos tiempo tendrán los defensores y los porteros para detener el balón. Hay varios estudios sobre la velocidad de lanzamiento que han identificado varios factores, entre ellos la fuerza de los miembros superiores e inferiores y del tronco, la técnica de lanzamiento y la capacidad de salto vertical para afectar la velocidad de lanzamiento (Fatouros *et al.*, 2000; Ferragut *et al.*, 2011; McCluskey *et al.*, 2010). Los resultados de nuestra investigación concuerdan con los estudios que demuestran que un programa de entrenamiento combinado de fuerza y de potencia puede aumentar significativamente el rendimiento de la velocidad de lanzamiento (6,86%, grande TE) a pesar que los ejercicios utilizados se limitaron al tren inferior. El grupo de entrenamiento de fuerza también incluye ejercicios de abdominales. El resultado de estas cargas podría muy probablemente traducirse en una mejora de la fuerza del tren superior y la estabilización del tronco que podrían haber contribuido a la mejora de la velocidad de lanzamiento más que a la mejora del tren inferior en el plano sagital. Sin embargo, la potencia no es suficiente para los jugadores que no tienen muy desarrollada esta habilidad. El conocimiento del juego sugiere que

la capacidad de elevar el cuerpo en el agua, aumentaría las opciones estratégicas para los jugadores durante la competición, permitiéndoles lanzar el balón más allá de los rivales o para interceptar o bloquear el balón.

Con frecuencia los jugadores de WP realizan series máximas de natación y rápidos cambios de dirección, la mayoría de los cuales son esfuerzos de corta duración. La fuerza y la velocidad son dos factores determinantes en el rendimiento de un velocista (Girolid *et al.*, 2007). De hecho, algunos estudios han informado que la fuerza muscular se correlacionó significativamente con el tiempo de nado (Aspenes *et al.*, 2009). Sin embargo, los resultados de la presente investigación no mostraron que un programa combinado de fuerza y de potencia del tren inferior aumentara significativamente en la fuerza del tren inferior y la capacidad de salto para mejorar significativamente el rendimiento del tiempo de nado (1,31%, pequeño TE). No conocemos ningún estudio que haya examinado la asociación entre el rendimiento del nado y la fuerza dinámica del tren inferior en jugadoras profesionales de waterpolo. La razón más probable por la que no se ha mejorado el tiempo de nado puede deberse a que los participantes no entrenaron el tren superior. Una explicación más detallada del cambio en la velocidad en nuestro estudio puede explicarse por las bajas habilidades técnicas o por falta de acondicionamiento anaeróbico adecuado en su programa de entrenamiento de natación. Esto habría sido útil para medir la fuerza y la potencia del tren superior en estos atletas para determinar si en realidad estas cualidades de rendimiento disminuyeron durante el transcurso de la temporada en el tiempo de nado.

Bibliografía

1. Adams, K, O'Shea, JP, O'Shea, KL, & Climstein, M. The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *J Appl Sport Sci Res* 6: 36-41, 1992.
2. Aspenes, S, Kjendlie, PL, Hoff, J, & Helgerud, J. Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *J Sports Sci Med* 8: 357-365, 2009.
3. Ben-Sira, D, Ayalon, A, & Tavi, M. The effect of different types 393 of strength training on concentric strength in women. *J Strength Cond Res* 9: 143-148, 1995.
4. Boyer, BT. A comparison of the effects of three strength training programs on women. *J Appl Sport Sci Res* 4: 88-94, 1990.
5. Chelly, MS, Hermassi, S, & Shephard, RJ. Relationships between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing speed in male handball players. *J Strength Cond Res* 24: 1480-1487, 2010.
6. Christou, M, Smilios, I, Sotiropoulos, K, Volaklis, K, Pilianidis, T, & Tokmakidis, SP. Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *J Strength Cond Res* 20: 783-791, 2006.
7. Falk, B, Lidor, R, Lander, Y, & Lang B. Talent identification and early development of elite water-polo players: a 2-year follow-up study. *J Sports Sci* 22: 347-355, 2004.
8. Fatouros, IG, Jamurtas, AZ, Leontsini, D, Taxildaris, K, Aggelousis, N, Kostopoulos, N, & Buckenmeyer, P. Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *J Strength Cond Res* 14(4): 470-476, 2000.
9. Ferragut, C, Abrales, JA, Vila, H, Rodriguez, N, Argudo, F, & Fernandes, R. Anthropometry and Throwing speed in elite water polo by specific playing positions. *J Hum Kin* 27: 31-44, 2011.

10. Fry, AC, Kraemer, WJ, Weseman, CA, Conroy, BP, Gordon, SE, & Hoffman, JR. The effects of an off-season strength and conditioning program on starters and non-starters in women's intercollegiate volleyball. *J Appl Sport Sci Res* 5: 174-181, 1991.
11. Girolid, S, Maurin, D, Dugue, B, Chatard, JC, & Millet, G. Effects of dry-land vs. resisted- and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. *J Strength Cond Res* 21: 599-605, 2007.
12. Hermassi, S, Chelly, MS, Fathloun, M, & Shepard, RJ. The effect of heavy- vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *J Strength Cond Res* 24: 2408-2418, 2010.
13. Jensen, J, Jacobsen, ST, Hetland, S, & Tvelt, P. Effect of combined 421 endurance, strength and sprint training on maximal oxygen uptake, isometric strength and sprint performance in female elite handball players during a season. *Int J Sports Med* 18: 354-358, 1997.
14. Marrin, K, & Bampouras, TM. Anthropometric and physiological characteristics of elite female water polo players. In: *Kinanthropometry X*. Marfell-Jones, M & Olds, T, eds. Oxford, UK: Routledge. 151-163, 2007.
15. McCluskey, L, Lynskey, S, Kei Leung, C, Woodhouse, D, Briffa, K, & Hopper, D. Throwing speed and jump height in female water polo players: performance predictors. *J Sci Med Sport* 13: 236-240, 2010.
16. Mujika, I, McFadden, G, Hubbard, M, Royal, K, & Hahn, A. The water-polo intermittent shuttle test: a match-fitness test for water-polo players. *Int J Sports Physiol Perf* 1: 27-39, 2006.
17. Pavlik, G, Olexo, ZS, Osvath, P, Sido, Z, & Frenkl, R. Echocardiographic characteristics of male athletes of different age. *Brit J Sports Med* 35: 95-99, 2001.
18. Platanou, T. On-water and dryland vertical jump in water polo players. *J Sports Med Phys Fitness* 45: 26-31, 2005.
19. Rhea, MR. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res* 18: 918-920, 2004.

20. Sanders, RH. Analysis of the eggbeater kick used to maintain height in water polo. *J Appl Biomech* 15: 284-291, 1999.
21. Sayers, SP, Harackiewicz, DV, Harman, Frykman, PN, & Rosenstein, MT. Cross validation of three jump power equations. *Med Sci Sports Exer* 31: 572-577, 1999.
22. Smith, HK. Applied physiology of water polo. *Sports Med* 26: 317-334, 1998.
23. Stevens, HB, Brown, LE, Coburn, JW, & Spiering, BA. Effect of swim sprints on throwing accuracy and velocity in female collegiate water polo players. *J Strength Cond Res* 24(5): 1195-1198, 2010.
24. Tan, F, Polglaze, T, & Dawson, B. Activity profiles and physical demands of elite women's water polo match play. *J Sports Sci* 27(10): 1095-1104, 2009.
25. Tan, FHY, Polglaze, T, Dawson, B, & Cox, G. Anthropometric and fitness characteristics of elite australian female water polo players. *J Strength Cond Res* 23(5): 1530-1536, 2009.
26. Tsekouras, YE, Kavouras, SA, Campagna, A, Kotsis, YP, Syntosi, SS, Papazoglou, K, and Sidossis, LS. The anthropometrical and physiological characteristics of elite water polo players. *Eur J Appl Physiol* 95: 35-41, 2005.

3.2. Estudio 2. Título 2. Efectos de un entrenamiento específico de fuerza en el tren inferior y superior de alta intensidad durante 18 semanas sobre la capacidad de salto, la fuerza máxima, la velocidad de lanzamiento y el tiempo de nado en un equipo profesional de waterpolo masculino.

3.2.1. Introducción

El waterpolo (WP) es un deporte que requiere altos niveles de fuerza y resistencia en los atletas, ya que es un deporte intermitente de alta intensidad, con predominio de sprints de natación y lucha. La importancia de las actividades no relacionadas con la natación (por ejemplo, lanzar, pasar y lucha) representan alrededor del 69% del tiempo de juego, y han sido destacadas con anterioridad por otros autores (D'Auria *et al.*, 2008; Smith, 1998). El rendimiento competitivo en WP no sólo depende de la fuerza, sino también de la capacidad de ejercer la fuerza a la velocidad requerida por esta disciplina. Además de las habilidades técnicas y tácticas, se ha argumentado que la fuerza y la potencia muscular son los factores más importantes que pueden dar una clara ventaja en las competiciones profesionales (D'Auria *et al.*, 2008). Las características antropométricas apropiadas y la habilidad en el lanzamiento en waterpolo también son importantes para conseguir el éxito (Ferragut *et al.*, 2011). A pesar del aumento de la profesionalización de este deporte, hay escasos artículos científicos sobre las características del rendimiento de los jugadores profesionales, y pocos datos disponibles a lo largo de una temporada completa. Ante las crecientes demandas técnicas y tácticas para la competición, la preparación física podría plantearse como mantenimiento de los niveles adecuados de fuerza y de potencia durante la temporada. Aunque el WP como juego en sí mismo puede mejorar muchos de estos factores, los waterpolistas profesionales deben realizar programas de acondicionamiento específico adicionales, incluyendo ejercicios para desarrollar esfuerzos anaeróbicos intermitentes de alta intensidad, velocidad, cambio de dirección, fuerza y potencia.

La literatura científica sobre los métodos de entrenamiento que mejoran la habilidad del lanzamiento también es limitada, y, hasta la fecha, la mayoría de las investigaciones se han realizado en otros deportes como el béisbol o el balonmano (Fleck *et al.*, 1992; McEvoy *et al.*, 1998). Los entrenadores y los científicos del deporte están de acuerdo en cuáles son los principales determinantes de la velocidad de lanzamiento: la técnica, la sincronización de los segmentos corporales en el movimiento, la fuerza y la potencia del tren superior e inferior (Gorostiaga *et al.*, 2005). Los autores han comentado que los factores influyentes en la velocidad de lanzamiento en WP incluyen a la fuerza del tren superior e inferior y del tronco, la técnica de lanzamiento, y la capacidad de salto vertical (Ferragut *et al.*, 2011, McCluskey *et al.*, 2010). Cada uno de estos factores puede mejorar con un entrenamiento adecuado, en particular con los ejercicios de resistencias. El entrenamiento general con ejercicios de resistencias para el tren superior con cargas del 60-80% de 1 repetición máxima (1RM) parece influir en la velocidad de lanzamiento de manera positiva (Van den Tillaar, 2004). Chelly *et al.*, (2010) anteriormente destacaron la contribución del tren inferior a la capacidad de lanzamiento, subrayando que los entrenadores deben incluir programas de fuerza y de alta intensidad, no sólo para los hombros y los brazos, sino además incluir el tren inferior. Un entrenamiento bi-semanal de este tipo parece suficiente para inducir una mejora sustancial no sólo en la producción de la potencia pico y la fuerza dinámica máxima, sino también en la velocidad de lanzamiento (Hermassi *et al.*, 2010).

La investigación en WP se ha centrado principalmente en los perfiles fisiológicos (Lozovina *et al.*, 2004; Pavlik *et al.*, 2005; Smith *et al.*, 2008; Tsekouras *et al.*, 2005) y en las capacidades de nado de los deportistas profesionales (Falk *et al.*, 2004; Platanou *et al.*, 2006). Sin embargo, en la última década, también se han investigado aspectos técnicos y tácticos relacionados en los partidos de competición (Lozovina *et al.*, 2004; Lupo *et al.*, 2010; Smith, 2004), incluso teniendo en cuenta las posibles diferencias entre los niveles competitivos. Sin embargo, ningún estudio se ha centrado en el

análisis de un programa de entrenamiento específico de fuerza y de alta intensidad implementado durante la temporada para mejorar el rendimiento de los jugadores profesionales de WP.

Nuestra hipótesis establece que los jugadores profesionales de waterpolo que complementan su entrenamiento habitual de waterpolo durante la temporada de competición con un programa específico de fuerza y de alta intensidad para el tren superior e inferior durante 18 semanas con dos sesiones por semana, mejorarán la fuerza muscular y otros factores fundamentales para el rendimiento del waterpolo (la velocidad de lanzamiento, el tiempo de nado, y la capacidad de salto).

3.2.2. Diseño experimental y aproximación del problema

Este estudio se diseñó para evaluar en cómo los efectos de una programación de un entrenamiento específico de fuerza de 18 semanas (36 sesiones) afecta al rendimiento de los jugadores de un equipo de waterpolo masculino. El estudio tenía un diseño con 2 grupos de sujetos. Se realizaron las mediciones en laboratorio y en agua antes y después del tratamiento en 2 días no consecutivos (lunes y miércoles). Los grupos fueron los siguientes: el grupo control (GC) no entrenó fuerza, sólo entrenamiento de agua; el grupo experimental (GE) realizó las sesiones de entrenamiento de fuerza (2 días/semana) más las sesiones de entrenamiento de agua. Estos sujetos tenían cierta experiencia en este tipo de entrenamientos, aunque antes del comienzo del tratamiento, los sujetos fueron instruidos en la correcta ejecución técnica de todos los ejercicios que debían realizar. El protocolo de entrenamiento incluyó la realización de ejercicios tanto del tren superior como del tren inferior. Los entrenamientos de fuerza se realizaron de 18:00 a 19:00 PM y los de agua de 21:00 a 23:00 PM. Los sujetos fueron informados para que evitaran cualquier actividad física extenuante durante la duración del tratamiento y mantuvieran sus hábitos alimenticios.

GRUPOS	ASIGNACIÓN	PRE-TEST	TRATAMIENTO	POST-TEST (18 semanas)
Control	11 jugadores	Salto CMJ	No entrenaban Fuerza	Salto CMJ
		Sentadilla completa	Sólo entrenamiento de agua	Sentadilla completa
Experimental	16 jugadores	Press de banca	Entrenaban fuerza (2 días/semana) + entrenamiento agua	Press de banca
			Press de banca	
			Dominadas	
		Velocidad de lanzamiento	Press Militar	Velocidad de lanzamiento
			Abdominales	
			Sentadilla completa	
		Tiempo de nado en 20 metros	Saltos con carga	Tiempo de nado en 20 metros
			Saltos sin carga	

Tabla 5. Tabla resumen de las mediciones y ejercicios utilizados del estudio 2.

CMJ: Salto con contramovimiento.

3.2.3. Sujetos experimentales

La muestra era un grupo de 27 jugadores de waterpolo de categoría nacional masculina, clasificados en un grupo control (GC) con 11 jugadores, y con un grupo experimental (GE), con 16 jugadores y con edades comprendidas entre 15-39 años. Los criterios de exclusión de la investigación fueron los siguientes: sujetos con problemas médicos potenciales o historial de patologías en tobillo, rodilla o espalda en los últimos tres meses antes del estudio, sujetos con problemas médicos u ortopédicos que comprometían su participación o rendimiento en este estudio, o algún tipo de cirugía reconstructiva en la extremidad inferior en los últimos dos años, o problemas musculoesqueléticos sin resolver. Todos los participantes fueron informados detalladamente sobre el contenido del estudio, sus objetivos, sus posibles riesgos y beneficios, y todos nos dieron su consentimiento por escrito antes de realizar los tests iniciales y el tratamiento. Los sujetos eran asignados a los grupos según su experiencia en el juego del waterpolo y con el entrenamiento de fuerza. El estudio se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki y aprobado por el Comité Ético de la Universidad Pablo de Olavide.

3.2.4. Protocolo experimental

El estudio se desarrolló en el laboratorio de rendimiento deportivo de las instalaciones deportivas de la Universidad Pablo de Olavide y en una piscina de competición con sus medidas reglamentarias (25X12,5m). Durante los 4 meses del tratamiento, los sujetos entrenaron 5 días a la semana y jugaron un partido semanal (sábado) perteneciente al campeonato nacional de liga o campeonato regional.

3.2.5. Variables objeto de estudio

Variables independientes

El estudio planteado era de carácter experimental, donde la variable que actuaba como independiente fue el entrenamiento de fuerza por medio de estos ejercicios:

- *Press de banca.*
- *Dominadas.*
- *Press militar.*
- *Abdominales.*
- *Sentadilla completa.*
- *Saltos con carga.*
- *Saltos sin carga.*

Variables dependientes

- *Test de fuerza máxima: press de banca y sentadilla completa.*
- *Altura del salto CMJ.*
- *Velocidad de lanzamiento.*
- *Tiempo de nado en 20 metros.*

3.2.6. Control de variables extrañas

El cumplimiento del protocolo en la ejecución de los ejercicios en el momento de la realización de los tests se controló debidamente, como se explica más adelante al describir los tests. Las variables situacionales no existieron porque todos los tests se realizaron en las mismas condiciones y con las mismas instrucciones. El efecto del aprendizaje se eliminó, como ya indicamos, los sujetos realizaron dos o tres sesiones previas de familiarización en la ejecución de los ejercicios.

3.2.7. Mediciones

3.2.7.1. Antropometría

La altura se midió con un tallímetro de pared (Seca222, NY, EE.UU.). La masa corporal se midió utilizando una escala médica, y la masa grasa, masa libre de grasa y el porcentaje de grasa corporal se estimó a partir de bio-impedancia (Tanita BC-418MA, Japón).

3.2.7.2. Test salto vertical CMJ sin carga

El CMJ es un salto vertical en el que se pretendió alcanzar la máxima elevación del centro de gravedad realizando una flexión-extensión rápida de piernas con la mínima parada entre ambas fases. La flexión llegó hasta un ángulo aproximado de 90°, aunque el grado de flexión no parece determinante si los saltos son “normales” o “naturales”. No existió la ayuda de brazos, por lo que las manos quedaron fijas, pegadas a las caderas. El tronco estuvo próximo a la vertical, sin un adelantamiento excesivo. Las piernas permanecieron rectas durante la fase de vuelo, tomando contacto con el suelo con las puntas de los pies, y las rodillas estiradas. Después de tomar contacto con el suelo pudieron flexionar las piernas hasta un ángulo aproximado de 90° en las rodillas. La posición inicial del sujeto era de pie con el cuerpo estirado y guardando la vertical (sin flexión de caderas o rodillas y sin inclinación hacia los lados o delante-atrás). La medición se realizó con una plataforma de contacto electrónica (Ergo-Jump, Muscle Lab. V7.18, Langesund, Norway). Se llevaron a cabo cinco saltos, separados por un minuto de descanso aproximadamente entre intentos, de los cuáles se discriminaron los valores extremos (mejor y peor), y se realizó la media con los restantes tres valores para el análisis estadístico.

3.2.7.3. Test tiempo de nado en 20 metros

Las mediciones se desarrollaron en una piscina de competición con sus medidas reglamentarias (25X12,5m). A través de esta medición, conocemos el tiempo que empleó un jugador para recorrer 20 metros a la máxima velocidad de nado. La medición se realizó con un sistema de cronometraje electrónico (Ergo-Test, Muscle Lab.V7.18, Langesund, Norway). Todos los sujetos realizaron un calentamiento estandarizado previo de 15 minutos dirigido por el investigador. El jugador partió de una posición vertical y situado de espaldas hacia la dirección que va a nadar, recibió una señal sonora, por lo que realizó un giro de 180° y nadó a la máxima velocidad en la distancia citada. Se realizaron tres intentos con cinco minutos de descanso entre series. Se seleccionó el mejor tiempo para el análisis estadístico.

3.2.7.4. Test de sentadilla completa. Fuerza dinámica máxima (1RM)

Para medir la fuerza dinámica máxima del tren inferior del cuerpo (1RM) se determinó como el peso más alto que pudo ser levantada a través de toda la gama de movimiento de una sentadilla con la técnica correcta. Los participantes llevaron a cabo la sentadilla desde una posición completamente extendida teniendo apoyada la barra en los hombros. A la orden, los participantes realizaron una sentadilla excéntrica controlada a un ángulo de la rodilla de 60 °, seguido sin pausa por una extensión de la pierna concéntrica (lo más rápido posible) de regresar a la extensión completa. El tronco permaneció lo más recto posible. El test estuvo dirigido por un especialista en entrenamiento de fuerza y acondicionamiento físico, que se encargó de comprobar la técnica correcta. Todos los participantes utilizaron un cinturón de seguridad. Las pruebas se realizaron en una máquina multipower (máquina Smith, Modelo Adan - Deporte, Granada, España). La velocidad de desplazamiento se determinó usando una máquina multipower en el que la barra se une en ambos extremos, con rodamientos lineales en 2 barras verticales que permiten sólo movimientos

verticales. Además, la barra de desplazamiento, el pico y la velocidad (metros por segundo) significa que se registraron utilizando un transductor lineal de velocidad adjunta al final de la barra. El transductor lineal de velocidad registró la posición y la dirección de la barra con una precisión de 0,0003 m. Se utilizó un programa informático (T-Force system, Ergotech, Murcia, España) para calcular la velocidad de desplazamiento para cada repetición de las sentadillas realizadas a lo largo de todo el rango de movimiento. El calentamiento consistirá en una serie de 10 repeticiones con cargas de 40 a 60 % del máximo percibido. A partir de entonces, se realizaron 5-6 intentos individuales separados hasta que el sujeto no pueda extender las piernas en la posición deseada. El último intento aceptable con mayor carga posible se determinó como 1RM. El período de descanso entre los intentos siempre fue de 2 minutos.

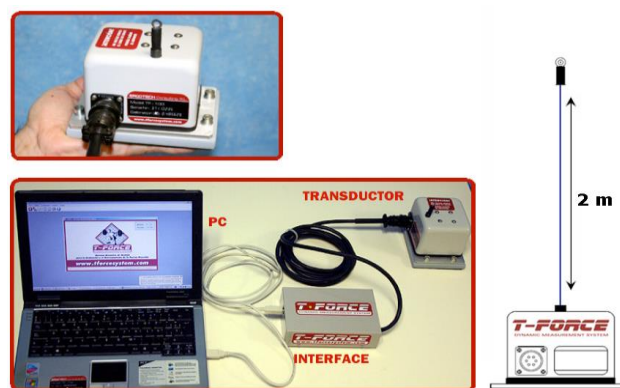


Figura 6. Dispositivo *T-FORCE* System para la evaluación y el entrenamiento de la fuerza.

3.2.7.5. Test de press de banca. Fuerza dinámica máxima (1RM)

El ejercicio de press de banca ha sido elegido por su gran implicación en la fuerza, velocidad y potencia de los de los músculos extensores del tren superior (pectorales, hombros y tríceps) ante todas las cargas, en el movimiento que se describe a continuación. Para su realización, los sujetos se colocaron en posición decúbito supino con la espalda y los glúteos apoyados

sobre el banco, pies en el suelo o sobre un banco (según suela ejecutar cada sujeto), sujetando la barra con una empuñadura prona para despegarla luego de los apoyos y elevarla extendiendo los brazos para alcanzar la posición inicial con los codos extendidos a la altura del pecho. El ejercicio se inició bajando la barra hasta tocar el pecho, donde permaneció quieto (~1 s), hasta escuchar la orden de "¡ya!" que el evaluador transmitió al sujeto en cuanto observaba la realización correcta de la parada. En este momento se invirtió el movimiento, subiendo la barra hacia arriba a la máxima velocidad posible hasta la completa extensión de los brazos. El resto de condiciones fueron las mismas que las explicadas para la sentadilla.

3.2.7.6. Test de velocidad de lanzamiento

La medición de este test se realizó por medio del radar Stalker-Sport-Radar (Plano, TX, USA), detallado en los instrumentos de medida. Todos los participantes siguieron un protocolo de calentamiento de 15 minutos antes de la prueba, que constó de 10 minutos de nado, más 5 minutos de pases con balón (450 gramos de peso, circunferencia de 0.71 metros, Mikasa W6009c, Irvine, CA, USA) para preparar la articulación muñeca-codo y el hombro. Al finalizar el calentamiento, con lanzamientos a portería e inmediatamente después realizaron el test, que consistió en lanzar lo más fuerte posible con precisión (lanzar al centro) a la portería desde una distancia de 5 m. Se registraron los 3 lanzamientos de cada sujeto, hasta un máximo de 3 series de 3 lanzamientos consecutivos. Se proporcionaron 2 minutos de descanso entre las series de lanzamiento y 10-15 segundos entre el 2º lanzamiento de la misma serie. Los 2 valores extremos de los ensayos se eliminaron (mejor y peor), y la media de los valores centrales se utilizó para el análisis estadístico posterior.



Figura 7. Pistola y pantalla de stalker sport radar.

3.2.8. Procedimiento

Dos semanas antes de aplicar los tests a cada sujeto, se llevaron a cabo dos sesiones de familiarización con los tests de salto (CMJ) y de fuerza (sentadilla completa y press de banca), en las mismas condiciones que los tests definitivos.

Los tests iniciales se realizaron durante 2 días en una misma semana; lunes, tests de laboratorio (press de banca, sentadilla completa, CMJ); y miércoles, tests de piscina (tiempo de nado en 20 metros y velocidad de lanzamiento) para garantizar la fiabilidad de los resultados. Cada grupo tuvo un máximo de 5 sujetos con el objetivo principal de que los descansos entre los tests fueran los adecuados.

Las mediciones de los tests de laboratorio se realizaron teniendo en cuenta una programación de los horarios, como sigue a continuación: primer grupo de 17-18h, segundo grupo de 18-19h, tercer grupo de 19-20h, cuarto grupo 20-21h y quinto grupo de 21-22h. Después de la llegada de cada grupo al laboratorio, se cambiaron de ropa de calle por una ropa y calzado apropiados para la realización de los tests, se les explicó el orden de los tests y su orden de participación. El orden de ejecución de los tests fue el mismo para todos los grupos.

Los tests finales se realizaron antes y después de las 18 semanas de entrenamiento de fuerza, siguiendo el mismo procedimiento. Es importante

destacar que se repitió la programación de los horarios y que los sujetos volvieron a realizar el test final en la misma franja horaria que en el test inicial.

Los sujetos estuvieron cuidadosamente familiarizados con el procedimiento de los tests de fuerza y producción de potencia durante varias acciones máximas y submáximas días antes de comenzar con las mediciones, y también como propósito de control. Adicionalmente, todos los sujetos realizaron un calentamiento previo a la ejecución de los ejercicios de familiarización. Todos los tests para determinar la fuerza, la potencia y la velocidad se realizaron en el pretest y en el posttest (periodo inicial y final de competición). Adicionalmente, se tuvo en consideración un descanso suficiente entre los tests para reducir los efectos de la fatiga en los subsiguientes tests.

3.2.9. Tratamiento

Los grupos de entrenamiento completaron 18 semanas de tratamiento individualizado (tablas 3 y 4) cumpliendo con una frecuencia de entrenamiento de 2 días/semana junto al entrenamiento de agua que realizaron 5 días/semana. Se entregó un diario de entrenamiento a cada sujeto, donde se indicó la relación del volumen y la intensidad de cada sesión (calentamiento general, calentamiento específico, número de series, número de repeticiones, descanso entre las series y repeticiones, carga diaria).

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sesiones/Ejercicios	S1-S2	S3-S4	S5-S6	S7-S8	S9-S10	S11-S12	S13-S14	S15-S16	S17-S18
Press de banca	3X6 (1m/s ⁻¹)	3X6 (1m/s ⁻¹)	3X6 (1m/s ⁻¹)	3X6 (0.8 m/s ⁻¹)	3X6 (0.8 m/s ⁻¹)	3X6 (0.8 m/s ⁻¹)	3X6 (0.7 m/s ⁻¹)	3X6 (0.7 m/s ⁻¹)	3X6 (0.7 m/s ⁻¹)
Sentadilla completa	3X6 (1m/s ⁻¹)	3X6 (1m/s ⁻¹)	3X6 (1m/s ⁻¹)	3X6 (0.8 m/s ⁻¹)	3X6 (0.8 m/s ⁻¹)	3X6 (0.8 m/s ⁻¹)	3X6 (0.7 m/s ⁻¹)	3X6 (0.7 m/s ⁻¹)	3X6 (0.7 m/s ⁻¹)
Press militar	3X8X8kg	3X8X8kg	3X8X8kg	3x8x10kg	3x8x10kg	3x8x10kg	3x10x10kg	3x10x10kg	3x10x10kg
Dominadas	3x4	3x4	3x4	3x6	3x6	3x6	3x8	3x8	3x8
CMJ con carga	3X4 (1m/s ⁻¹)	3X4 (1m/s ⁻¹)	3X4 (1m/s ⁻¹)	3X5 (0.8 m/s ⁻¹)	3X5 (0.8 m/s ⁻¹)	3X5 (0.8 m/s ⁻¹)	3X5 (0.7 m/s ⁻¹)	3X5 (0.7 m/s ⁻¹)	3X5 (0.7 m/s ⁻¹)
CMJ	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5
Abdominales	4X20	4X20	4X20	5X20	5X20	5X20	6X20	6X20	6X20
Semanas	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Sesiones/Ejercicios	S19-S20	S21-S22	S23-S24	S25-S26	S27-S28	S29-S30	S31-S32	S33-S34	S35-S36
Press de banca	4X6 (1m/s ⁻¹)	4X6 (1m/s ⁻¹)	4X6 (1m/s ⁻¹)	4X6 (0.8 m/s ⁻¹)	4X6 (0.8 m/s ⁻¹)	4X6 (0.8 m/s ⁻¹)	4X6 (0.7 m/s ⁻¹)	4X6 (0.7 m/s ⁻¹)	4X6 (0.7 m/s ⁻¹)
Sentadilla completa	4X6 (1m/s ⁻¹)	4X6 (1m/s ⁻¹)	4X6 (1m/s ⁻¹)	4X6 (0.8 m/s ⁻¹)	4X6 (0.8 m/s ⁻¹)	4X6 (0.8 m/s ⁻¹)	4X6 (0.7 m/s ⁻¹)	4X6 (0.7 m/s ⁻¹)	4X6 (0.7 m/s ⁻¹)
Press militar	4X8X8kg	4X8X8kg	4X8X8kg	4x8x10kg	4x8x10kg	4x8x10kg	4x10x10kg	4x10x10kg	4x10x10kg
Dominadas	4x6	4x6	4x6	4x6	4x6	4x6	4x8	4x8	4x8
CMJ con carga	3X4 (1m/s ⁻¹)	3X4 (1m/s ⁻¹)	3X4 (1m/s ⁻¹)	3X5 (0.8 m/s ⁻¹)	3X5 (0.8 m/s ⁻¹)	3X5 (0.8 m/s ⁻¹)	3X5 (0.7 m/s ⁻¹)	3X5 (0.7 m/s ⁻¹)	3X5 (0.7 m/s ⁻¹)
CMJ	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5
Abdominales	6X20	6X20	6X20	7X20	7X20	7X20	8X20	8X20	8X20

Tabla 6. Programa de entrenamiento para el grupo experimental del estudio 2. **S:** sesiones, series y repeticiones; **(m/s⁻¹):** Velocidad de desplazamiento de la barra durante la fase concéntrica de la sentadillas completa y el press de banca (1m/ s⁻¹= 60% 1RM); (0.9 m/ s⁻¹= 67%); (0.8 m/ s⁻¹= 74%); (0.7 m/ s⁻¹= 80%); (0.6 m/ s⁻¹= 86%); **Sentadilla completa:** Flexionar las rodillas hasta formar un ángulo de 60° en la rodilla (excéntrico), seguida sin pausa por una extensión de las piernas (concéntrica) tan rápido como sea posible para regresar a la extensión completa; **CMJ:** Salto con contramovimiento; **1RM:** Repetición máxima.

3.2.10. Análisis estadístico

Se realizaron análisis estadísticos descriptivos (media \pm DE) para las medidas calculadas. El coeficiente de correlación intraclase (CCI) se utilizó para determinar la fiabilidad de las mediciones. Los efectos relacionados con el entrenamiento y las diferencias entre grupos fueron evaluados utilizando un diseño factorial mixto con el contraste *F* de Snedecor. Los tamaños del efecto (TE) también se calcularon utilizando la *d* de Cohen. La significación estadística se aceptó a un nivel alfa de $p \leq 0.05$.

3.2.11. Resultados

Al inicio del estudio, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las variables medidas de las características antropométricas, la fuerza o el tiempo de nado. Después de 18 semanas de entrenamiento, no se observaron cambios significativos en ninguna de las medidas antropométricas.

	GRUPO EXPERIMENTAL				GRUPO CONTROL			
	PRE	POST	% OF CAMBIO	TE	PRE	POST	% OF CAMBIO	TE
CMJ (cm)	34.48 \pm 4.8	36.86 \pm 4.9*	6.9	0.48	32.38 \pm 6.5	33.19 \pm 5.9	2.50	0.11
Press de banca (kg)	86.06 \pm 13.6	95.12 \pm 15.5*\$	10.53	0.66	80.36 \pm 10.2	83.36 \pm 11.3	4.96	0.29
Sentadilla compl. (kg)	77.81 \pm 16.3	88.87 \pm 16.5*\$	14.21	0.67	73.09 \pm 12.5	75.27 \pm 12.6	3.45	0.17
Velocidad lzto. (km/h)	64 \pm 6.7	65.76 \pm 7.3*	2.76	0.25	63.18 \pm 3.9	63.36 \pm 3.5	0.45	0.04
Tiempo nado 20-m (seg)	11.51 \pm 0.6	11.25 \pm 0.6*\$	2.25	0.29	12.22 \pm 0.9	12.30 \pm 0.9	-0.64	-0.08

Tabla 7. Resultados de los tests de rendimiento en los grupos experimental (GE) y control (GC) antes y después de 18 semanas de entrenamiento en temporada: CMJ (cm), Press de banca 1RM (kg), sentadilla completa 1RM (kg), velocidad de lanzamiento (km/h) y tiempo de nado en 20 (seg). Los valores se presentan como media \pm DE. TE: tamaño del efecto.

* Diferencias significativas entre valores pre y post-entrenamiento ($p < 0.05$).

\$ Diferencias significativas entre grupo experimental y control ($p < 0.05$).

3.2.11.1. Salto con contramovimiento (CMJ)

Aumentos estadísticamente significativos ($p \leq 0,05$) ocurrieron en el CMJ (2,38 cm; 6,9%; TE = 0,48) en el grupo GE. No se observaron diferencias en la magnitud de los cambios entre los grupos después del entrenamiento. El CCI fue de 0,95 para las mediciones en CMJ indicando una alta fiabilidad.

3.2.11.2. Fuerza dinámica máxima en sentadilla completa y press de banca (1RM)

La fuerza dinámica máxima 1RM en sentadilla y press de banca (kilogramos) aumentaron ($p \leq 0,05$) en el GE (11,06 kg; 14,21%; TE = 0,67) y (9,06 kg; 10,53%; TE = 0,66), respectivamente. Se observaron diferencias ($p \leq 0,05$) después del entrenamiento en la magnitud del incremento entre los GE y GC. El CCI fue de 0,88 para las medidas de fuerza.

3.2.11.3. Velocidad de lanzamiento

La velocidad de lanzamiento (kilómetros por hora) aumentó ($p \leq 0,05$) en el GE (1,76 km · h⁻¹; 2,76%; TE = 0,25). No se observaron diferencias después del entrenamiento en la magnitud de los cambios entre los grupos. El CCI fue de 0,85.

3.2.11.4. Tiempo de nado en 20 metros

El tiempo de nado (segundos) disminuyó ($p \leq 0,05$) en el GE (-0,26 segundos; 2,25%; TE = 0,29). Se observaron diferencias ($p \leq 0,05$) después del entrenamiento en la magnitud del incremento entre los GE y GC. El CCI fue de 0,91.

3.2.12. Discusión

El objetivo principal de este estudio fue determinar si los jugadores profesionales de WP masculino podrían mejorar (la velocidad de lanzamiento, el tiempo de nado, y la capacidad de salto) la fuerza muscular y otras cualidades críticas para el rendimiento del WP con un programa de entrenamiento de fuerza y de alta intensidad para el tren superior e inferior del cuerpo. El hallazgo importante en nuestra investigación es que nuestros resultados corroboraron nuestra hipótesis, ya que el entrenamiento de fuerza y de alta intensidad durante la temporada mejora la fuerza tanto del tren superior e inferior, como demuestran los resultados en el salto vertical (6,90%) o tiempo de nado (2,25%), 1RM en press de banca (10,53%) y sentadilla completa (14,21%), o en la velocidad de lanzamiento (2,76%). Otros estudios han examinado la influencia del entrenamiento de fuerza y la altura del salto vertical en la velocidad de lanzamiento de los jugadores profesionales de WP (Bloomfield *et al.*, 1990; McCluskey *et al.*, 2010), pero este es el primer estudio que examina las mejoras del rendimiento en el salto y el tiempo de nado, con el uso de ejercicios de resistencias y de alta intensidad como press de banca, press militar y dominadas para el tren superior del cuerpo y sentadilla completa y ejercicios pliométricos para el tren inferior.

La capacidad del salto vertical es un componente esencial en WP, y es frecuente tanto en acciones defensivas (por ejemplo, bloquear y robar el balón) y ofensivas (por ejemplo, pasar y lanzar el balón). El test de salto vertical en seco difiere un poco del salto vertical específico de WP (salto vertical en agua) (Platanou, 2005); sin embargo, este estudio demostró ganancias en la altura del salto vertical (6,9% para el CMJ) en seco. Estos resultados se pueden comparar con los resultados de otros estudios (Falk *et al.*, 2004) que mostraron una mejora del 15% en la altura del salto vertical. Además, en comparación con los resultados publicados por otros investigadores que llevaron a cabo este test en atletas de otros deportes, parece que los

jugadores de WP tienen una capacidad relativamente alta para aumentar la fuerza explosiva, comparable con jugadores de fútbol de categoría júnior (Chelly *et al.*, 2009) (7.5%), o los nadadores (Garrido *et al.*, 2010). Christou *et al.*, (2006) también encontraron ganancias de un 14,4% en el CMJ de jugadores de fútbol durante más de 8 semanas de entrenamiento de fuerza. Gorostiaga *et al.*, (2006) estudiaron la influencia del entrenamiento de resistencias en el rendimiento del salto en jugadores de balonmano, mostrando aumentos significativos en el grupo que sólo había entrenado con la práctica del deporte (6%), pero no hubo cambios en el CMJ tanto en los grupos de entrenamiento de fuerza y grupo control. Además, no hubo (2,5%) mejoras significativas en la altura del CMJ en el grupo control, lo que subraya la importancia de introducir el entrenamiento de fuerza y de alta intensidad, ya que no interfirió en el desarrollo del salto. La velocidad de las piernas es el factor más importante que contribuye al rendimiento del batido de piernas de WP. De este modo, los jugadores de WP necesitan desarrollar la capacidad de mantener altas velocidades de movimiento de las piernas durante todo el ciclo de la patada de piernas para mejorar la capacidad de salto vertical (Sanders *et al.*, 1999). Claramente el WP requiere habilidades que difieren del salto en seco, pero necesita de altos niveles de potencia de los extensores de las piernas.

El WP requiere altos niveles de fuerza y de potencia y de resistencia aeróbica y neuromuscular, ya que es un deporte intermitente de alta intensidad, con predominio de nado a sprint y lucha. Varios estudios han proporcionado información sobre las características fisiológicas y aptitudes de estos atletas (Aziz *et al.*, 2002; Platanou, 2005; Tsekouras *et al.*, 2005), pero no hay datos de fuerza publicados sobre ellos. Varios estudios han demostrado la eficacia del entrenamiento de alta intensidad y de potencia en la mejora del rendimiento motor y de la fuerza (Fatouros *et al.*, 2000; Sáez de Villarreal *et al.*, 2013). Los resultados de esta investigación coinciden con los estudios que han demostrado que un programa combinado puede aumentar significativamente el rendimiento de la fuerza. Curiosamente, este estudio también ilustra que la

magnitud de los aumentos en el rendimiento de la fuerza máxima fue casi el mismo para el tren superior (10,53%) y el tren inferior (14,21%). Estos hallazgos han sido replicados por Gorostiaga *et al.*, (1999), debido a que el entrenamiento de fuerza específico mejora la resistencia de los músculos del tren superior (23%) y del tren inferior (12,2%) en jugadores de balonmano. En este estudio, las ganancias del tren superior (10,53% 1RM press de banca) fueron más pequeñas que los observados previamente (Gorostiaga *et al.*, 1999), posiblemente debido a las diferencias del estado inicial de los jugadores o los ejercicios que se realizaron para el entrenamiento. El mayor aumento en la 1RM del tren inferior en este estudio podría explicarse por la importancia de la patada de piernas como una acción cíclica de la parte inferior del cuerpo y la combinación con el entrenamiento de agua y resistencias pueden haber mejorado las adaptaciones. Marques *et al.*, (2006) también observaron un aumento del 28% de 1RM en press de banca, después de 12 semanas de entrenamiento de resistencias (2-3 sesiones por semana) en jugadores de balonmano de alto nivel, teniendo ganancias mucho mayores que el 10,53% de 1RM en press de banca que observamos en nuestro estudio, a pesar de utilizar cargas de entrenamiento muy similares a las nuestras; 70-85% de 1RM concéntrica, mientras que los nuestros estuvieron en el rango de 60-80%.

Otro requisito fundamental en el juego del WP es lanzar con éxito hacia la portería. La velocidad es un componente esencial para lanzar y conseguir el propósito de marcar goles. Se cree que los factores que influyen en la velocidad de lanzamiento incluyen la fuerza del tren superior e inferior y del tronco, la técnica de lanzamiento, y la capacidad del salto vertical. El entrenamiento general de fuerza con ejercicios para el tren superior con cargas entre 60-80% 1RM parece influir en la velocidad de lanzamiento positivamente (Van den Tillaar, 2004). Schmidbleicher *et al.*, (1987) podrían explicar esto, quienes atribuyen sus resultados al principio del tamaño de reclutamiento motor. Esto implica que sólo el entrenamiento con cargas altas

asegura el reclutamiento de unidades motoras de contracción rápida. Su argumento es que las cargas bajas no sobrecargan suficientemente el sistema neuromuscular para inducir una adaptación. Los resultados de nuestra investigación concuerdan con los estudios que muestran que un programa de fuerza combinada y de alta intensidad pueden aumentar de manera significativa el rendimiento de la velocidad de lanzamiento (2,76%). Bloomfield *et al.*, (1990) no encontraron mejoras en la velocidad de lanzamiento después del entrenamiento con resistencias incrementando el peso (entrenamiento piramidal), posiblemente fue debido por el alto nivel de los jugadores o porque el régimen de entrenamiento no proporcionó un estímulo suficiente para todos los grupos musculares relacionados con la velocidad de lanzamiento. Una posible explicación para las diferencias en los resultados entre estos 2 estudios es el nivel de experiencia y rendimiento del grupo de entrenamiento. La alta relación entre la fuerza y la velocidad de lanzamiento ($r = -0,63$) presta apoyo a la teoría de que la velocidad de lanzamiento también se ve influida por la fuerza del tren inferior para mejorar la capacidad de propulsión del cuerpo fuera del agua. Sin embargo, es poco probable que sea suficiente en los jugadores con nivel más bajo cuya patada de piernas no es tan eficiente. El conocimiento del juego también sugiere que la capacidad de elevar el cuerpo en el agua aumentaría las opciones estratégicas para los jugadores durante la competición permitiendo a los jugadores lanzar la bola más allá de los jugadores rivales o evitar la interceptación o bloqueo del balón.

El tiempo de nado, la aceleración y los cambios rápidos de dirección son inherentes a la práctica y la competición en WP. Además, la mayoría de las distancias de sprint son cortos (por ejemplo, 10-15 metros). La fuerza y la velocidad son los 2 factores principales que determinan el rendimiento de la velocidad de un nadador en su entrenamiento y la competición (Girolid *et al.*, 2007; Tanaka *et al.*, 1993). De hecho, algunos estudios han informado que la fuerza muscular se correlacionó significativamente con el tiempo de nado (Aspenes *et al.*, 2009; Tanaka *et al.*, 1998). Además, varios estudios de

investigación han informado que la producción de la fuerza muscular del tren superior se correlaciona altamente con el tiempo de nado en distancias cortas ($r \sim 0,87$) (Hawley *et al.*, 1991; Toussaint *et al.*, 1990). Varios autores (Costa *et al.*, 2009; Schmidbleicher *et al.*, 1987) han informado que el rendimiento en natación está significativamente asociado con la fuerza de los brazos en ejercicios de seco. Otros estudios sugieren que el tiempo de nado está más correlacionado con la fuerza específica producida en el medio acuático, siendo los tests mucho más específicos (Tanaka *et al.*, 1993). Los resultados de esta investigación coinciden con aquellos estudios que muestran que un programa de fuerza combinada y de alta intensidad pueden mejorar de manera significativa el rendimiento del tiempo de nado (2,25%), y la fuerza muscular se correlacionó moderadamente, pero de manera significativa con el tiempo de nado ($r = 0,55$). A nuestro entender, ningún estudio ha examinado la asociación entre el rendimiento de nado y la fuerza dinámica del tren superior e inferior en jugadores competitivos de WP. Los ejercicios de press de banca y sentadilla completa fueron escogidos porque en general activan los mismos grupos musculares utilizados para nadar (Cronin *et al.*, 2007). Por tanto, el uso de ejercicios multiarticulares debe ser positivo para realizar asociaciones con un movimiento dinámico, como es la natación. Birrer *et al.*, (1986) señalaron la importancia de los ejercicios de press de banca y de extensión de tríceps en la fase de empuje para todas las brazadas. En este estudio, el press de banca tuvo una relación moderada ($r = -0,41$) para el rendimiento específico de natación (pruebas de sprint de 20 m). Watanabe *et al.*, (2005) analizaron los factores que contribuyen al rendimiento de la natación. Sus resultados sugieren que la fuerza muscular era un factor importante explicativo del rendimiento de natación por encima de 50 metros, en ambos sexos. Otro factor que podría contribuir a los diferentes resultados entre las investigaciones anteriores con respecto a las asociaciones entre el rendimiento de natación es el entrenamiento y la experiencia del atleta. Debido a que hemos colaborado con jugadores profesionales de WP con un amplio bagaje y experiencia en competición, es probable que las mejoras en el rendimiento sean más difíciles de lograr.

Bibliografía

1. Aspenes, S, Kjendlie, PL, Hoff, J, & Helgerud, J. Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *J Sports Sci Med* 8: 357–365, 2009.
2. Aziz, AR, Lee, HC, & Teh, KC. Physiological characteristics of Singapore national water polo team players. *J Sports Med Phys Fitness* 42: 315-319, 2002.
3. Birrer, P. The shoulder, EMG and the swimming stroke. *J Swim Res* 12: 20-23, 1986.
4. Bloomfield, J, Blanksby, B, Ackland, T, & Allison, G. The influence of strength training on overhead throwing velocity of elite water polo players. *Aust J Sci Med Sport* 22: 63-67, 1990.
5. Chelly, MS, Hermassi, S, & Shephard, RJ. Relationships between power and strength of the upper and lower body muscles and throwing velocity in male handball players. *J Strength Cond Res* 24: 1480-1487, 2010.
6. Chelly, MS, Fathloun, M, Cherif, N, Amar, MB, Tabka, Z, & Van Praagh, E. Effects of a back squat training program on leg power, jump-and sprint performances in junior soccer players. *J Strength Cond Res* 23: 2241-2249, 2009.
7. Christou, M, Smilios, I, Sotiropoulos, K, Volaklis, K, Pilianidis, T, & Tokmakidis, SP. Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *J Strength Cond Res* 20: 783-791, 2006.
8. Costa, AM, Silva, AJ, Louro, H, Reis, VM, Garrido, ND, Marques, M, & Marinho, DA. Can the curriculum be used to estimate critical velocity in young competitive swimmers? *J Sports Sci Med* 8: 17-23, 2009.
9. Cronin, J, Jones, J, & Frost, D. The relationship between dry-land power measures and tumble turn velocity in elite swimmers. *J Swim Res* 17: 17-23, 2007.
10. D'Auria, S, & Gabbett, T. A time-motion analysis of international Women's water polo match play. *Int J Sports Physiol Perform* 3: 305-319, 2008.

11. Falk, B, Lidor, R, Lander, Y, & Lang, B. Talent identification and early development of elite water-polo players: A 2-year follow-up study. *J Sports Sci* 22: 347-355, 2004.
12. Fatouros, IG, Jamurtas, AZ, Leontsini, D, Taxildaris, K, Aggelousis, N, Kostopoulos, N, & Buckenmeyer, P. Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *J Strength Cond Res* 14: 470-476, 2000.
13. Ferragut, C, Abrales, JA, Vila, H, Rodriguez, N, Argudo, FM, & Fernandes, J. Anthropometry and throwing velocity in elite water polo by specific playing positions. *J Hum Kin* 27: 31-44, 2011.
14. Fleck, SJ, Smith, SL, Craib, MW, Denahan, T, Snow, R, & Mitchell, ML. Upper extremity isokinetic torque and throwing velocity in team handball. *J Strength Cond Res* 6: 120-124, 1992.
15. Garrido, N, Marinho, DA, Barbosa, TM, Costa, AM, Silva, AJ, Perez-Turpin, JA, & Marques, M. Relationships between dry land strength, power variables and short sprint performance in young competitive swimmers. *J Hum Sport Exerc* 5: 240-249, 2010.
16. Girolid, S, Maurin, D, Dugue, B, Chatard, JC, & Millet, G. Effects of dry-land vs. resisted-and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. *J Strength Cond Res* 21: 599-605, 2007.
17. Gorostiaga, EM, Granados, C, Ibáñez, J, & Izquierdo, M. Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *Int J Sports Med* 26: 225-232, 2005.
18. Gorostiaga, EM, Granados, C, Ibáñez, J, Gonzalez-Badillo, JJ, & Izquierdo, M. Effects of an entire season on physical fitness changes in elite male handball players. *Med Sci Sports Exerc* 38: 357-366, 2006.
19. Gorostiaga, EM, Izquierdo, M, Iturralde, P, Ruesta, M, & Ibáñez, J. Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 80: 485-493, 1999.

20. Hawley, JA & Williams, MM. Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. *Int J Sports Med* 12: 1-5, 1991.
21. Hermassi, S, Chelly, MS, Fathloun, M, & Shepard, RJ. The effect of heavy-vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *J Strength Cond Res* 24: 2408-2418, 2010.
22. Izquierdo, M, Hakkinen, K, González-Badillo, JJ, Ibáñez, J, & Gorostiaga, EM. Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *Eur J Appl Physiol* 87: 264-271, 2002.
23. Lozovina, V & Pavicic, L. Anthropometric changes in elite male water polo players: Survey in 1980 and 1995. *Croat Med J* 45: 202-205, 2004.
24. Lupo, C, Tessitore, A, Minganti, C, & Capranica, C. Notational analysis of elite and sub-elite water polo matches. *J Strength Cond Res* 24: 223-229, 2010.
25. Marques, MC & González-Badillo, JJ. In-season resistance training and detraining in professional team handball players. *J Strength Cond Res* 20: 563-571, 2006.
26. McCluskey, L, Lynskey, S, Kei Leung, C, Woodhouse, D, Briffa, K, & Hopper, D. Throwing velocity and jump height in female water polo players: Performance predictors. *J Sci Med Sport* 13: 236-240, 2010.
27. McEvoy, KP & Newton, RU. Baseball throwing speed and base running speed: The effects of ballistic resistance training. *J Strength Cond Res* 12: 216-221, 1998.
28. Pavlik, G, Kemeny, D, Kneffel, Z, Petrekanits, M, Horvath, P, & Sido, Z. Echocardiographic data in hungarian top level water polo players. *Med Sci Sports Exer* 37: 323-328, 2005.
29. Platanou, T. On-water and dryland vertical jump in water polo players. *J Sports Med Phys Fitness* 45: 26-31, 2005.
30. Platanou, T & Geladas, N. The influence of game duration and playing position on intensity of exercise during match-play in elite water polo players. *J Sports Sci* 24: 1173-1181, 2006.

31. Sáez de Villarreal, E, Requena, B, Izquierdo, M, & González-Badillo, JJ. Enhancing sprint and strength performance: Combined versus maximal power, traditional heavy-resistance and plyometric training. *J Sci Med Sport* 16: 146-150, 2013.
32. Sanders, RH. Analysis of the eggbeater kick used to maintain height in water polo. *J Appl Biomech* 15: 284-291, 1999.
33. Schmidtbleicher, D & Buerle, M. Neuronal adaptation and increase of cross-sectional area studying different strength training methods. In: Biomechanics X-B (Vol. 6-B). G.B. Johnson, ed. Champaign, IL: Human Kinetics. 615-620, 1987.
34. Silva, AJ, Costa, AM, Oliveira, PM, Reis, VM, Saavedra, J, Perl, J, Rouboa, A, & Marinho, DA. The use of neural network technology to model swimming performance. *J Sports Sci Med* 6: 117-125, 2007.
35. Smith, HK. Applied physiology of water polo. *Sports Med* 26: 317-334, 1998.
36. Smith, HK. Penalty shot importance, success and game context in international water polo. *J Sci Med Sport* 7: 221-225, 2004.
37. Tanaka, H & Swensen, T. Impact of resistance training on endurance performance. A new form of cross-training? *Sports Med* 25: 191-200, 1998.
38. Tanaka, H, Costill, DL, Thomas, R, Fink, WJ, & Widrick, JJ. Dryland resistance training for competitive swimming. *Med Sci Sports Exerc* 25: 952-959, 1993.
39. Toussaint, HM & Vervoorn, K. Effects of specific high resistance training in the water on competitive swimmers. *Int J Sports Med* 11: 228-233, 1990.
40. Tsekouras, YE, Kavouras, SA, Campagna, A, Kotsis, YP, Syntosi, SS, Papazoglou, K, & Sidossis, LS. The anthropometrical and physiological characteristics of elite water polo players. *Eur J Appl Physiol* 95: 35-41, 2005.
41. Van den Tillaar, R. Effect of different training programs on the velocity of over arm throwing: A brief review. *J Strength Cond Res* 18: 388-396, 2004.
42. Watanabe, M & Takai, S. Age-related change of the factors affecting swimming performance in junior swimmers. *Jap J Phys Fitness Sports Med* 54: 353-361, 2005.

3.3. Estudio 3. Título 3. Mejora en el rendimiento de jugadores de waterpolo profesionales: Entrenamiento de fuerza en seco y entrenamiento de fuerza en agua.

3.3.1. Introducción

El rendimiento competitivo en el waterpolo (WP) no depende sólo de la fuerza, sino también de la capacidad de ejercerla a la velocidad requerida por esta disciplina. Además de las habilidades técnicas y tácticas, se ha argumentado que la fuerza y la potencia muscular, las características antropométricas, y la capacidad de lanzamiento del WP son los factores más importantes que dan una clara ventaja en las competiciones profesionales (D'Auria *et al.*, 2008; Ferragut *et al.*, 2011). Debido a las crecientes demandas técnicas de la competición, la fuerza y el acondicionamiento físico durante la pretemporada podrían plantearse para gestionar los niveles adecuados de fuerza y de potencia para el comienzo de la temporada competitiva en los jugadores. Aunque el WP como juego en sí mismo puede mejorar muchos de estos factores, los waterpolistas profesionales deben realizar programas de acondicionamiento específico adicionales, incluyendo ejercicios para desarrollar capacidades anaeróbicas intermitentes de alta intensidad, velocidad, cambios de dirección, fuerza y potencia.

Existe variedad de métodos de entrenamiento utilizados para desarrollar las capacidades físicas de los jugadores de WP y los nadadores, los cuales han sido descritos en la literatura (Bloomfield *et al.*, 1990; Pichon *et al.*, 1995; Ramos Veliz *et al.*, 2014; Ramos Veliz *et al.*, 2014; Sanders, 1999). La eficacia de estos métodos depende de la especificidad del evento deportivo (McCafferty *et al.*, 1972; Stewart *et al.*, 2000) y la intensidad de las sesiones de entrenamiento utilizadas (Behm *et al.*, 1993; Strass, 1998) o la ejecución del parámetro estudiado. En WP, tanto los métodos de entrenamiento en seco y en agua han sido utilizados para preparar a los jugadores para la competición.

Los efectos positivos del entrenamiento de fuerza en seco, dirigida al tren superior, en los parámetros de rendimiento del WP también se han abarcado de manera amplia. Por ejemplo, las ganancias de fuerza inducida por el entrenamiento en el rendimiento del tiempo de nado se reportan consistentemente entre 1,3 a 4,4% (Costill *et al.*, 1999; Pichon *et al.*, 1995; Strass, 1998). Debido a que el WP contiene numerosos sprints de natación, es lógico que el entrenamiento en seco se dirija a mejorar la fuerza dinámica máxima del tren superior del jugador de WP.

Los principales factores que influyen en el rendimiento del WP incluyen la fuerza del tronco, tren superior e inferior, la técnica de lanzamiento, y la capacidad de salto vertical (Ferragut *et al.*, 2011). Cada uno de estos factores se puede mejorar con un entrenamiento adecuado, en particular el entrenamiento con resistencias. El entrenamiento de fuerza del tren superior con cargas de 60-80% 1 repetición máxima (1RM) parece influir en la velocidad de lanzamiento WP positivamente (Ramos Veliz *et al.*, 2015; Van den Tillaar, 2004). Anteriormente Ramos Veliz *et al.*, (2015) destacaron la contribución del tren inferior para la capacidad de lanzamiento (mejora de 6,8%, el tamaño del efecto [TE] = 3,4), subrayando que los entrenadores de WP deben incluir en sus planificaciones entrenamiento de fuerza y de alta intensidad no sólo para los hombros y los brazos. Además está documentado que el tren inferior y el entrenamiento de fuerza dos veces por semana es suficiente para inducir una mejora sustancial en la producción pico de potencia (5,2%, TE = 0,3), la fuerza dinámica (20,9%, TE = 2,4), y la velocidad de lanzamiento (6,8%, TE = 3,4). Por ejemplo, Ramos Veliz *et al.*, (2015) demostraron que los jugadores profesionales de WP masculino mejoraron la fuerza muscular (10,5% en el press de banca [PB] y del 14,2% en sentadilla completa [SEN]) mediante la realización de un programa de entrenamiento de fuerza y de alta intensidad durante 18 semanas a lo largo de la temporada tanto para el tren superior e inferior. Del mismo modo, Strass (1988) demostró que los ejercicios de pesos libres durante 6 semanas produjeron un aumento significativo del 4,4 y el 2,1%

en el rendimiento del tiempo de nado en distancias comprendidas entre 25 y 50 m, respectivamente. Varios estudios han demostrado una relación fuerte ($r = 0,80 - 0,93$) entre la fuerza y el tiempo de nado en el tren superior en distancias comprendidas entre 25 m y 50 m (Hawley *et al.*, 1991; Smith *et al.*, 2000).

Aunque varios estudios han informado sobre la eficacia de los métodos de entrenamiento en seco para los jugadores de WP (Bloomfield *et al.*, 1990; Ramos Veliz *et al.*, 2015), ninguno de ellos ha examinado los métodos de entrenamiento de fuerza en agua. Por otra parte, a pesar del aumento de la profesionalidad del WP, estudios más descriptivos y pertenecientes al entrenamiento de WP se centran en niveles intermedios de los parámetros de rendimiento, con una escasez de artículos científicos sobre los jugadores profesionales. En nuestro conocimiento, ningún estudio ha examinado la eficacia de un programa de entrenamiento específico de fuerza en agua, implementado en pretemporada para mejorar el rendimiento de los jugadores profesionales WP.

Por tanto, el principal objetivo de nuestro estudio fue comparar los efectos de un programa de fuerza en seco junto con un programa de WP, con los de un programa específico de fuerza combinado en agua con el mismo programa de WP. Debido a la mayor especificidad del deporte en el agua, este estudio probó la hipótesis que el entrenamiento específico de fuerza en agua podría inducir a algunas adaptaciones, lo que lleva a un aumento a corto plazo en la fuerza muscular y otras cualidades críticas para el rendimiento de (la velocidad de lanzamiento, el tiempo de nado, y la capacidad de salto) los jugadores profesionales de WP en comparación con aquellos que realicen el entrenamiento de fuerza en seco.

3.3.2. Diseño experimental y aproximación del problema

Este estudio se diseñó para comprobar como dos estímulos diferentes de entrenamiento afectan al rendimiento de la fuerza, salto vertical, agilidad, tiempo de nado y velocidad de lanzamiento contra diferentes resistencias externas. Se compararon los efectos de 6 semanas (18 sesiones) del tratamiento en un diseño con 2 grupos de sujetos, cada uno de ellos con diferentes métodos de entrenamiento: el grupo de entrenamiento de fuerza en agua (GA) y el grupo de entrenamiento de fuerza combinado (GC). Todos ellos realizaron el mismo número de sesiones de entrenamiento de agua de waterpolo. Estos sujetos tienen cierta experiencia en este tipo de entrenamientos, aunque antes del comienzo del tratamiento, los sujetos fueron instruidos en la correcta ejecución técnica de todos los ejercicios que debían realizar. Los sujetos fueron informados para que evitaran la realización de cualquier actividad física extenuante durante la duración del tratamiento y mantuvieran sus hábitos alimenticios.

GRUPOS	ASIGNACIÓN	PRE-TEST	TRATAMIENTO	POST-TEST (6 semanas)
Entrenamiento Fuerza Seco	9 jugadores	Salto vertical seco/agua	Abdominales (Fitball)	Salto vertical seco/agua
			Cargada	
		Sentadilla completa	Dominadas	Sentadilla completa
			Press de banca	
			Press militar	
		Press de banca	Balón medicinal	Press de banca
			Sentadilla completa	
		Agilidad 10 metros	Splits	Agilidad 10 metros
			Saltos verticales con/sin carga	
Entrenamiento Fuerza Agua	10 jugadores	Velocidad de lanzamiento	Gomas <ul style="list-style-type: none">- Piernas: espalda y frontal.- Nado (pies atados): espalda y crol.	Velocidad de lanzamiento
			Lanzamiento con Balón medicinal: <ul style="list-style-type: none">- Pecho.- Tríceps.- Hacia atrás.	
		Tiempo de nado en 20 metros	Saltos Laterales: <ul style="list-style-type: none">- Corchera-corchera.- Palo-Palo.- Verticales: con balón medicinal + 5 metros sprint.	Tiempo de nado en 20 metros

Tabla 8. Tabla resumen de las mediciones y ejercicios utilizados del estudio 3.

3.3.3. Sujetos experimentales

La muestra era un grupo de 19 jugadores de waterpolo de categoría nacional masculina, clasificados en dos grupos de entrenamiento: un grupo de entrenamiento de fuerza en agua (GA) con 9 jugadores; y un grupo de entrenamiento de fuerza con 10 jugadores (GS) y con edades comprendidas entre 15-35 años. Los criterios de exclusión de la investigación eran los siguientes: sujetos con problemas médicos potenciales o historial de patologías en tobillo, rodilla o espalda en los últimos tres meses antes del estudio, sujetos con problemas médicos u ortopédicos que comprometían su participación o rendimiento en este estudio, o algún tipo de cirugía reconstructiva en la extremidad inferior en los últimos dos años, o problemas musculoesqueléticos sin resolver. Todos los participantes han sido informados detalladamente sobre el contenido del estudio, sus objetivos, sus posibles riesgos y beneficios, y todos dieron su consentimiento por escrito antes de realizar los tests iniciales y el tratamiento. Los sujetos fueron asignados a los grupos según su experiencia en el juego del waterpolo y con el entrenamiento de fuerza. El estudio se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki y aprobado por el Comité Ético de la Universidad Pablo de Olavide.

3.3.4. Protocolo experimental

El estudio se desarrolló en una sala de entrenamiento de fuerza y una piscina de competición con sus medidas reglamentarias (25X12,5m). Durante las 6 semanas del tratamiento, los sujetos entrenaron 5-6 días a la semana y jugaron un partido semanal (sábado) perteneciente al campeonato nacional de liga o campeonato regional.

3.3.5. Variables objeto de estudio

Variables independientes

El estudio planteado es de carácter experimental, donde la variable que actuó como independiente era el entrenamiento de fuerza por medio de estos ejercicios:

- *Press de banca.*
- *Dominadas.*
- *Press militar.*
- *Abdominales: isométrico y dinámico.*
- *Sentadilla completa.*
- *Saltos con carga.*
- *Saltos sin carga.*
- *Splits.*
- *Cargada.*
- *Balón medicinal.*

Variables dependientes

- *Test de fuerza máxima: press de banca y sentadilla completa.*
- *Altura del salto CMJ en seco y en agua.*
- *Velocidad de lanzamiento.*
- *Tiempo de nado en 20 metros.*
- *Test de agilidad de 10 metros.*

3.3.6. Control de variables extrañas

El cumplimiento del protocolo en la ejecución de los ejercicios en el momento de la realización de los tests se controló debidamente, como se explica más adelante al describir los tests. Las variables situacionales no existieron porque todos los tests se realizaron en las mismas condiciones y con las mismas instrucciones. El efecto del aprendizaje se eliminó, como ya hemos indicado, los sujetos realizaron dos o tres sesiones previas de familiarización en la ejecución de los ejercicios.

3.3.7. Mediciones

3.3.7.1. Antropometría

La altura se midió con un tallímetro de pared (Seca222, NY, EE.UU.). La masa corporal se midió utilizando una escala médica, y la masa grasa, masa libre de grasa y el porcentaje de grasa corporal se estimó a partir de bio-impedancia (Tanita BC-418MA, Japón).

3.3.7.2. Test salto vertical en agua

La medición de la altura del salto vertical se realizó siguiendo el modelo propuesto por Platanou (2005). El salto vertical en el agua se evaluó mediante una tabla con una escala en centímetros. Su base estuvo colocada perpendicularmente en el borde de la piscina, a la altura de la superficie del agua. La placa se colocó 120 cm sobre la superficie del agua, en una posición tal que no obstaculizara el movimiento de los participantes durante el salto. La distancia entre el nivel inferior de la junta y la superficie del agua se mide con un trozo de cuerda con un pequeño peso atado. La altura de la placa pudo ser fácilmente ajustada para mantener constante la distancia.

Con el fin de registrar los saltos a los jugadores, se usó una cámara de vídeo SVHS (50 Hz frecuencia de muestreo, 720 y 576 píxeles de resolución horizontal y vertical, respectivamente) y se colocó en frente del tablero. La resolución de la medida era de 0,5 cm.



Figura 8. Imagen del modelo propuesto para la medición de salto en agua de Platanou (2005).

Los jugadores esperaban en posición de base, la cual consistía en sumergir el cuerpo hasta la zona del acromion, posición comúnmente adoptada por los jugadores cuando no están participando activamente en el juego. A continuación, estaban listos debajo de la tabla para saltar hacia arriba y tocar con la mano el punto más alto de la tabla que pudieran alcanzar (en 3 ocasiones diferentes). El análisis de video posterior se realizó mediante la congelación de la imagen, concretamente cuando el jugador tocaba con su mano el punto más alto de la tabla. Esto permitió la identificación de la distancia entre la superficie del agua y el punto más alto alcanzado sumando los centímetros obtenidos en el salto más la medida de la tabla (120 cm). La distancia total medida fue restada de la longitud de la extremidad superior.

3.3.7.3. Test salto vertical CMJ sin carga

El CMJ es un salto vertical en el que se pretende alcanzar la máxima elevación del centro de gravedad realizando una flexión-extensión rápida de piernas con la mínima parada entre ambas fases. La flexión debe llegar hasta un ángulo aproximado de 90°, aunque el grado de flexión no parece determinante si los saltos son "normales" o "naturales". No existe la ayuda de brazos, por lo que las manos deben quedar fijas, pegadas a las caderas. El tronco debe estar próximo a la vertical, sin un adelantamiento excesivo. Las piernas deben permanecer rectas durante la fase de vuelo, tomando contacto con el suelo con las puntas de los pies, y las rodillas estiradas. Después de tomar contacto con el suelo se pueden flexionar las piernas hasta un ángulo aproximado de 90° en las rodillas. La posición inicial del sujeto es de pie con el cuerpo estirado y guardando la vertical (sin flexión de caderas o rodillas y sin inclinación hacia los lados o delante-atrás). La medición se realizará con una plataforma de contacto electrónica (Ergo-Jump, MuscleLabV718, Langesund, Norway). Se llevaron a cabo cinco saltos, separados por un minuto de descanso aproximadamente entre intentos, de los cuáles se discriminaron los valores extremos (mejor y peor), y se realizó la media con los restantes tres valores para el análisis estadístico.

3.3.7.4. Test tiempo de nado en 20 metros

Las mediciones se desarrollaron en una piscina de competición con sus medidas reglamentarias (25X12,5m). A través de esta medición, conocemos el tiempo que emplea un jugador para recorrer 20 metros a la máxima velocidad de nado. La medición se realizará con un sistema de cronometraje electrónico (Ergo-Test, Muscle Lab. V7.18, Langesund, Norway). Todos los sujetos realizarán un calentamiento estandarizado previo de 15 minutos dirigido por el investigador. El jugador parte de una posición vertical y situado de espaldas hacia la dirección que va a nadar, recibe una señal sonora, por lo que debe realizar un giro de 180° y nadar a la máxima velocidad en la distancia citada.

Se realizaron tres intentos con cinco minutos de descanso entre series. Se seleccionó el mejor tiempo para el análisis estadístico.

3.3.7.5. Test de sentadilla completa. Fuerza dinámica máxima (1RM)

Para medir la fuerza dinámica máxima del tren inferior del cuerpo (1RM) se determinó como el peso más alto que pudo ser levantada a través de toda la gama de movimiento de una sentadilla con la técnica correcta. Los participantes llevaron a cabo la sentadilla desde una posición completamente extendida teniendo apoyada la barra en los hombros. A la orden, los participantes realizaron una sentadilla excéntrica controlada a un ángulo de la rodilla de 60 °, seguido sin pausa por una extensión de la pierna concéntrica (lo más rápido posible) de regresar a la extensión completa. El tronco se mantuvo lo más recto posible. El test estuvo dirigido por un especialista en entrenamiento de fuerza y acondicionamiento físico, que se encargó de comprobar la técnica correcta. Todos los participantes utilizaron un cinturón de seguridad. Las pruebas se realizaron en una máquina multipower (Smith, Modelo Adan - Deporte, Granada, España). La velocidad de desplazamiento se determinó usando una máquina multipower en el que la barra se une en ambos extremos, con rodamientos lineales en 2 barras verticales que permiten sólo movimientos verticales. Además, la barra de desplazamiento, el pico y la velocidad (metros por segundo) significa que se registraron utilizando un transductor lineal de velocidad adjunta al final de la barra. El transductor lineal de velocidad registró la posición y la dirección de la barra con una precisión de 0,0003 m. Se utilizó un programa informático (T-Force system, Ergotech, Murcia, España) para calcular la velocidad de desplazamiento para cada repetición de las sentadillas que se realizaron a lo largo de todo el rango de movimiento. El calentamiento consistió en una serie de 10 repeticiones con cargas de 40 a 60 % del máximo percibido. A partir de entonces, se realizaron 5-6 intentos individuales separados hasta que el sujeto no podía extender las piernas en la posición deseada. El último intento

aceptable con mayor carga posible se determinó como 1RM. El período de descanso entre los intentos siempre fue de 2 minutos.



Figura 9. Ejecución del ejercicio de sentadilla.

3.3.7.6. Test de press de banca. Fuerza dinámica máxima (1RM)

El ejercicio de press de banca ha sido elegido por su gran implicación en la fuerza, velocidad y potencia de los de los músculos extensores del tren superior (pectorales, hombros y tríceps) ante todas las cargas, en el movimiento que se describe a continuación. Para su realización, los sujetos se colocan en decúbito supino con la espalda y los glúteos apoyados sobre el banco, pies en el suelo o sobre un banco (según suela ejecutar cada sujeto), sujetando la barra con una empuñadura prona para despegarla luego de los apoyos y elevarla extendiendo los brazos para alcanzar la posición inicial con los codos extendidos a la altura del pecho. El ejercicio se inicia bajando la barra hasta tocar el pecho, donde permanece quieto (~ 1 s), hasta escuchar la orden de "¡ya!" que el evaluador transmite al sujeto en cuanto observa que se realice correctamente la parada. En este momento se invierte el movimiento, subiendo la barra hacia arriba a la máxima velocidad posible hasta la completa extensión de los brazos. El resto de condiciones son las mismas que las explicadas para la sentadilla.



Figura 10. Ejecución del ejercicio de press de banca.

3.3.7.7. Test de velocidad de lanzamiento

La medición de este test se realizó por medio del radar Stalker-Sport-Radar (Plano, TX, USA), detallado en los instrumentos de medida. Todos los participantes siguieron un protocolo de calentamiento de 15 minutos antes de la prueba, que constaba de 10 minutos de nado, más 5 minutos de pases con balón (450 gramos de peso, circunferencia de 0.71 metros, Mikasa W6009c, Irvine, CA, USA) para preparar la articulación muñeca-codo y el hombro. Al finalizar el calentamiento, con lanzamientos a portería e inmediatamente después realizaron el test, que consistió en lanzar lo más fuerte posible con precisión (lanzar al centro) a la portería desde una distancia de 5 m. Se registraron los 3 lanzamientos de cada sujeto, hasta un máximo de 3 series de 3 lanzamientos consecutivos. Se proporcionó 1-2 minutos de descanso entre las series de lanzamientos y 10 a 15 segundos entre el 2º lanzamientos de la misma serie. Los 2 valores extremos de los ensayos se eliminaron (mejor y peor), y la media de los valores centrales se utilizó para el análisis estadístico posterior.



Figura 11. Ejecución del lanzamiento a portería.

3.3.7.8. Test de agilidad 10 metros

Los sujetos partieron de una posición base (posición vertical realizando piernas de waterpolo, en dirección hacia el otro extremo de la piscina). El examinador dió la señal de salida para que el atleta cruzara la fotocélula (Muscle Lab.V7.18, Langesund, Noruega) y diera paso al inicio de la prueba. El atleta nadó hacia el objetivo y tocó el travesaño con dos manos, luego nadaría hacia el poste derecho y lo volvería a tocar y nadar de nuevo hacia el otro lateral tocando el palo izquierdo. Inmediatamente después de este paso, el atleta nadó cinco metros hacia atrás. El tiempo se detuvo cuando el atleta cruzó la fotocélula. Antes de la prueba, los participantes realizaron un calentamiento estandarizado, compuesto por cinco minutos de natación submáxima, seguido de algunos ejercicios de agilidad-media velocidad en el agua como pruebas de familiarización. La calificación de la prueba se registró como el mejor valor de los tres intentos. Hubo un período de descanso de tres minutos entre cada intento. Los sujetos fueron descalificados si no pudieron tocar la base de cualquier palo o travesaño.



Figura 12. Ejecución del test de agilidad.

3.3.8. Procedimiento

Dos semanas antes de aplicar los tests a cada sujeto, se llevaron a cabo dos sesiones de familiarización con los tests de salto (CMJ) y de fuerza (sentadilla completa y press de banca), en las mismas condiciones que los tests definitivos.

Los tests iniciales se realizaron durante 2 días en una misma semana; lunes, tests de laboratorio (press de banca, sentadilla completa, CMJ); y miércoles, tests de piscina (tiempo de nado en 20 metros y velocidad de lanzamiento) para garantizar la fiabilidad de los resultados. Cada grupo tenía un máximo de 5 sujetos con el objetivo principal de que los descansos entre los tests fueran los adecuados.

Las mediciones de los tests de laboratorio se realizaron teniendo en cuenta una programación de los horarios, como sigue a continuación: primer grupo de 13-14h, segundo grupo de 14-15h, tercer grupo de 15-16h, cuarto grupo 16-17h y quinto grupo de 17-18h. Después de la llegada de cada grupo al laboratorio, se cambiaron de ropa de calle por una ropa y calzado apropiados para la realización de los tests, se les explicó el orden de los tests y su orden

de participación. El orden de ejecución de los tests fue el mismo para todos los grupos.

Los tests finales se realizaron antes y después de las 6 semanas de entrenamiento de fuerza, siguiendo el mismo procedimiento. Es importante destacar que se repitió la programación de los horarios y que los sujetos volvieron a realizar el test final en la misma franja horaria que en el test inicial.

El peso se midió con una báscula de precisión (0.1 kg) (modelo Seca 011, NY, USA). Los sujetos estuvieron cuidadosamente familiarizados con el procedimiento de los tests de fuerza y producción de potencia durante varias acciones máximas y submáximas días antes de comenzar con las mediciones, y también como propósito de control. Adicionalmente, todos los sujetos realizaron un calentamiento previo a la ejecución de los ejercicios de familiarización. Todos los tests para determinar la fuerza, la potencia y la velocidad se realizaron en el pretest, en el posttest (periodo inicial y final de competición). Adicionalmente, se tuvo en consideración un descanso suficiente entre los tests para reducir los efectos de la fatiga en los subsiguientes tests.

3.3.9. Tratamiento

Los grupos de entrenamiento completaron las 6 semanas de tratamiento individualizado (tablas) cumpliendo con una frecuencia de entrenamiento de 3 días/semana junto al entrenamiento de agua de waterpolo que realizaron 5-6 días/semana. Se entregó un diario de entrenamiento a cada sujeto, donde se indicaba la relación del volumen y la intensidad de cada sesión (calentamiento general calentamiento específico, número de series, número de repeticiones, descanso entre las series y repeticiones, carga diaria).

ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN SECO						
Semana	1	2	3	4	5	6
Sesiones/Ejercicios	S1-S2-S3	S4-S5-S6	S7-S8-S9	S10-S11-S12	S13-S14-S15	S16-S17-S18
Press de banca	3x15 60%	3x15 60%	3x12 70%	3x12 70%	4x10 80%	4x10 80%
Sentadilla completa	3x15 60%	3x15 60%	3x12 70%	3x12 70%	4x10 80%	4x10 80%
Dominadas	3x Max	3x Max	3x Max	3x Max	4x Max	4x Max
Press Militar	3x10 40%	3x10 40%	3x12 50%	3x12 50%	4x10 60%	4x10 60%
Splits	3x10 20%	3x10 20%	4x10 25%	4x10 25%	3x15 30%	3x15 30%
CMJ con carga	3x10x10kg	3x10x10kg	3x10x15kg	3x10x15kg	3x10x20kg	3x10x20kg
Cargada	3x10x20%BW	3x10x20%BW	4x10x40%BW	4x10x40%BW	3x15X60%BW	3x15X60%BW
CMJ	3X15	3X15	3X20	3X20	3X25	3X25
Abdominales						
Dinámico/Isométrico	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"	5x25rep/5x30"	5x25 rep/5x30"
Balón medicinal	3x10x5kg	3x10x5kg	4x10x5kg	4x10x5kg	4x15x5kg	4x15x5kg

ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN AGUA						
Piernas WP espalda con gomas de resistencia	5X20"	5X20"	5X40"	5X40"	5X60"	5X60"
Piernas WP frontal con gomas de resistencia	5X20"	5X20"	5X40"	5X40"	5X60"	5X60"
Nado a espalda con gomas de resistencia	5X10"	5X10"	5X20"	5X20"	5X30"	5X30"
Nado frontal con gomas de resistencia	5X10"	5X10"	5X20"	5X20"	5X30"	5X30"
BM Lanzamiento	3x10x3kg	3x10x3kg	4x10x3kg	4x10x3kg	4x15x3kg	4x15x3kg
BM Lanzamiento pared	3x10x5kg	3x10x5kg	4x10x5kg	4x10x5kg	4x15x5kg	4x15x5kg
BM Lanzamiento espalda	3x10x5kg	3x10x5kg	4x10x5kg	4x10x5kg	4x15x5kg	4x15x5kg
Salto lateral	4X9	4X9	4X12	4X12	4X15	4X15
Salto lateral de poste a poste de la portería	4X9	4X9	4X12	4X12	4X15	4X15
Salto vertical con BM	4x5x5kg+sprint 5m	4x5x5kg+sprint 5m	4x7x5kg+sprint 5m	4x7x5kg+sprint 5m	4x10x5kg+sprint 5m	4x15x5kg+sprint 5m

Tabla 9. Programa de entrenamiento para el grupo de fuerza en seco y agua del estudio 3. **PC:** Peso corporal; **CMJ:** Salto con contramovimiento; **%:** porcentaje de 1 repetición máxima; **BM:** Balón medicinal.

3.3.10. Análisis estadístico

Fueron calculados análisis estadísticos descriptivos (media \pm DE) para las diferentes variables. El CCI fue utilizado para determinar la fiabilidad de las mediciones. La distribución de cada variable fue analizada con la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Primero, los datos fueron analizados utilizando un 2-factor de medidas repetidas análisis de varianza con 1 entre los factores (tipo de entrenamiento; GE y GC) y 1 dentro de los factores (período; inicial vs. post-entrenamiento). Cuando se alcanzó un F-valor significativo, se realizaron procedimientos post hoc de Bonferroni para localizar las diferencias por pares entre las medias. La corrección de Holm fue utilizada para controlar los errores tipo I y II. Las ganancias del TE fueron calculadas utilizando g , según lo descrito por Hedges y Olkin (1985), utilizando la fórmula $g = (M_{\text{post}} - M_{\text{pre}}) / DE_{\text{pooled}}$, donde M_{post} es la media para el post-test y M_{pre} es la media del pretest y DE_{pooled} es la DE agrupado de las mediciones. Se ha recomendado (Hedges *et al.*, 1985) que el TE debe ser corregido en función de la magnitud del tamaño de la muestra de cada estudio. Por lo tanto, se realizó la corrección utilizando la fórmula: $1 - 3 / (4m - 9)$, donde $m = n - 1$, según lo propuesto por Hedges y Olkin (1985). La escala utilizada para la interpretación fue la propuesta por Rhea (2004), la cual es específica para la investigación en rendimiento y el nivel de entrenamiento de los sujetos para evaluar la magnitud relativa de un TE. Las magnitudes de los TE se consideraron como trivial ($<0,35$), pequeño ($0,35-0,80$), moderado ($0,80$ a $1,50$), o grande ($> 1,5$). El intervalo de confianza fue calculado al 95% (CI) para el TE. La significación estadística fue aceptada a un nivel α de $p \leq 0,05$.

3.3.11. Resultados

Al inicio del estudio, no se observaron diferencias significativas evaluadas entre los grupos en ninguna de las características antropométricas, fuerza o variables de rendimiento. Después de 6 semanas de entrenamiento, no se observaron cambios significativos en cualquiera de las características físicas analizadas. No hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) en la sesión RPE después del entrenamiento entre los grupos: GA = 320.5 ± 13.8 UA (318,4 a 323,2; IC); GS = 317 ± 11.9 UA (315,7 a 324,8; IC), respectivamente.

3.3.11.1. Salto con contramovimiento (CMJ)

En ambos grupos experimentales hubo aumentos estadísticamente significativos ($p \leq 0,05$) en CMJ (3,3 cm, 8,9%, TE = 0,9 y 2,6 cm, 7,6%, TE = 0,83 en el GS y GA, respectivamente). No se observaron diferencias después de entrenar en la magnitud de los cambios entre los grupos.

3.3.11.2. Salto en agua

En el GA el salto (en centímetros) aumentó ($p \leq 0,05$) (4,1 cm; 11,48%; TE = 1,0). No se observaron diferencias después de entrenar en la magnitud de los cambios entre los grupos.

3.3.11.3. Fuerza dinámica máxima en press de banca y sentadilla completa (1RM)

Aumentó la fuerza dinámica máxima en press de banca y sentadilla 1RM (en kilogramos) ($p \leq 0,05$) en el grupo GS (12,1 kg; 11,27%; TE = 1,15 y 8,3 kg; 9,55%; TE = 1,30, respectivamente). Se observaron diferencias ($p \leq 0,05$)

después del entrenamiento en la magnitud del incremento entre los grupos GS y GA en press de banca y sentadilla 1RM.

3.3.11.4. Velocidad de lanzamiento

Se incrementó la velocidad de lanzamiento (en kilómetros por hora) en el GS ($0.88 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$; 1,46%; TE = 0,24) y en el GA ($1.43 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$; 2,45%; TE = 0,39), pero no de forma significativa. No se observaron diferencias después de entrenar en la magnitud de los cambios entre los grupos.

3.3.11.5. Test de agilidad 10 metros

Se produjo un descenso estadísticamente significativo ($p \leq 0,05$) en el test de agilidad de 10 metros en el grupo GA (-0,55 segundos; 5,60%; TE = 0,74). Se observaron diferencias ($p \leq 0,05$) después del entrenamiento en la magnitud de la disminución entre los grupos GS y GA.

3.3.11.6. Test tiempo de nado en 20 metros

Se redujo el tiempo de nado en 20 metros (en segundos), pero no fue estadísticamente significativa ($p > 0,05$) en el grupo GA (-0,31 segundos; 2,57%; TE = 0,58). No se observaron diferencias después del entrenamiento en la magnitud de la disminución entre el GS y GA (Tabla 3).

	GRUPO SECO (GS)				GRUPO AGUA (GA)			
	PRE	POST	% CAMBIO	TE	PRE	POST	% CAMBIO	TE
CMJ (cm)	36.91 ± 3.75	40.26 ± 4.56 ^a	8.9	0.89 ± 0.07	34.08 ± 3.10	36.68 ± 1.97 ^a	7.6 ±	0.83 ± 0.07
Salto en agua (cm)	47.28 ± 6.96	48.62 ± 7.08	3.59	0.19 ± 0.01	45.69 ± 3.8	49.79 ± 4.77 ^a	11.48 ±	1.00 ± 0.11
Press de banca 1RM (kg)	86.90 ± 6.38	95.20 ± 5.18 ^{ab}	9.55	1.30 ± 0.13	84.33 ± 6.20	87.33 ± 5.92	3.55 ±	0.48 ± 0.03
Sentadilla completa 1RM (kg)	107.30 ± 10.50	119.40 ± 11.00 ^{ab}	11.27	1.15 ± 0.11	104.89 ± 13.19	110.44 ± 12.00 ^a	5.29 ±	0.42 ± 0.02
Velocidad lzto. (km/h)	60.22 ± 3.62	61.10 ± 3.43	1.46	0.24 ± 0.01	58.27 ± 3.60	59.70 ± 3.71	2.45 ±	0.39 ± 0.02
Agilidad (seg)	9.73 ± 0.54	9.63 ± 0.43	1.02	0.18 ± 0.01	9.81 ± 0.74	9.26 ± 0.81 ^{ab}	5.60 ±	0.74 ± 0.05
Tiempo de nado 20-m (seg)	11.93 ± 0.50	11.89 ± 0.42	0.33	0.06 ± 0.00	12.05 ± 0.39	11.74 ± 0.60 ^a	2.57 ±	0.58 ± 0.04

Tabla 10. Resultados de los tests de rendimiento en los grupos GS y GA antes y después de 6 semanas del entrenamiento en pretemporada. CMJ (cm), salto en agua (cm), press de banca 1 RM (kg), sentadilla 1 RM (kg), velocidad de lanzamiento (km/h), agilidad (seg) y tiempo en 20-m (seg). 95% de intervalo de confianza para el tamaño del efecto (TE). Los valores se presentan como media ± DE.

^a Diferencias significativas entre los valores iniciales y posteriores del entrenamiento ($p < 0.05$).

^b Diferencias significativas entre los dos grupos experimentales ($p < 0.05$).

3.3.12. Discusión

El objetivo principal de este estudio fue comparar si 2 protocolos diferentes de entrenamiento de fuerza específica (en seco, y en agua) podrían mejorar la fuerza muscular y otras cualidades críticas para el rendimiento del WP. Nuestra hipótesis fue corroborada en ambos grupos de entrenamiento, en seco y en agua, que tuvo lugar durante la pretemporada mejorando la fuerza y la potencia del tren superior e inferior (CMJ, salto en agua, agilidad y fuerza dinámica máxima). Otros estudios han examinado la influencia del entrenamiento de fuerza en las variables determinantes para el rendimiento en WP como la capacidad de salto, la velocidad de nado o la velocidad de lanzamiento en los jugadores profesionales de WP (Bloomfield *et al.*, 1990; McCluskey *et al.*, 2010; Ramos Veliz *et al.*, 2014). En nuestro conocimiento, este es el primer estudio que compara las ganancias de la capacidad de salto, la agilidad, la velocidad de lanzamiento, y el tiempo de nado, utilizando 2 protocolos diferentes de ejercicios de fuerza específico y de alta intensidad en seco y en agua.

Además de nadar, pasar y lanzar, el salto en agua se considera como un componente importante en WP, tanto en las acciones defensivas como ofensivas (Platanou, 2005). Este estudio mostró ganancias en ambos tests de salto vertical (11,5% salto en agua y de 7,6% para el CMJ en seco), comparable con otros estudios que muestran mejoras de 10-15% en el rendimiento en el salto vertical en seco (Christou *et al.*, 2006; Falk *et al.*, 2004) y salto en agua después de realizar un entrenamiento de fuerza (Ramos Veliz *et al.*, 2014). Sin embargo, observamos una mejora significativa en el CMJ en seco en ambos grupos experimentales (8,9 y 7,6%, respectivamente), pero sólo hubo mejora significativa (11,5%) en el salto en agua en el grupo de entrenamiento en agua. Éste grupo de entrenamiento incluyeron ejercicios de piernas utilizados en WP implicando en el movimiento a las articulaciones de la cadera, la rodilla y los tobillos. Con un entrenamiento específico y adecuado de fuerza y de alta intensidad para el tren inferior, los jugadores pueden generar fuerzas para

elevarse y mejorar la capacidad de salto en agua. De este modo, los jugadores de WP necesitan la capacidad de desarrollar altas velocidades de movimiento de las piernas durante todo el ciclo de patada para lograr el mejor salto en agua (Sanders, 1999).

El waterpolo es un deporte intermitente de alta intensidad, a menudo con acciones de nado a sprint y lucha que requieren de fuerza y de potencia para el tren superior e inferior (Aziz *et al.*, 2002; Platanou *et al.*, 2006; Tsekouras *et al.*, 2005). Los resultados de la investigación actual están en sintonía con estudios anteriores mostrando que un programa combinado puede aumentar significativamente el rendimiento de la fuerza (Ramos Veliz *et al.*, 2014; Ramos Veliz *et al.*, 2014). Curiosamente, el estudio demostró que los aumentos en el rendimiento de la fuerza máxima fue casi el mismo para el tren superior (9,5%) y el tren inferior (11,2%). Estos hallazgos han sido confirmados por Ramos Veliz *et al.*, (2014) quienes demostraron que el entrenamiento de fuerza específico mejora los valores de fuerza tanto en el tren superior (10,5%) y tren inferior (14,2%) en jugadores de WP. En el presente estudio, las mejoras para el tren superior (9,5%) en press de banca 1RM eran incluso más pequeñas que las observadas previamente (Ramos Veliz *et al.*, 2014), posiblemente debido a las diferencias en el estado inicial de los jugadores, la duración del tratamiento (temporada/pretemporada), o los ejercicios planteados para el entrenamiento. Las grandes mejoras en la capacidad de fuerza pueden atribuirse por el uso de ejercicios de potencia, ya que están caracterizados por una ejecución más energética y explosiva del ciclo estiramiento-acortamiento, por lo tanto, aumentando la potencia y la fuerza máxima. Además, en este estudio, se observó la especificidad del entrenamiento debido a que existen diferencias significativas entre los grupos (GS y GA), particularmente en las pruebas de press de banca y sentadilla 1RM. La semejanza entre los patrones y la velocidad de movimiento común al entrenamiento y los tests, claramente han contribuido a una mayor mejora del rendimiento para estos grupos de entrenamiento. El principio de especificidad puede sugerir que haya una serie de factores cinéticos y cinemáticos que caracterizan a cada ejercicio (es decir,

a través de un rango específico de movimiento, la velocidad de ejecución, los patrones de movimiento, y las técnicas de ejecución), que deben ser adecuadamente elegidas y ejecutadas para mejorar el rendimiento.

La fuerza del tren superior e inferior y del tronco, la técnica de lanzamiento, y la capacidad de salto vertical han sido previamente analizado por influir en la velocidad de lanzamiento (Ferragut *et al.*, 2011; McCluskey *et al.*, 2010; Stevens *et al.*, 2010). Por otra parte, el entrenamiento de fuerza con ejercicios para el tren superior con cargas de 60-80% de 1RM han demostrado su influencia en la velocidad de lanzamiento de manera positiva (Ramos Veliz *et al.*, 2014; Van den Tillaar, 2004). En conjunto, estos estudios sugieren que los programas combinados de fuerza y de alta intensidad parecen aumentar de manera significativa el rendimiento de la velocidad de lanzamiento (Ramos Veliz *et al.*, 2014). Los resultados de la presente investigación revelaron una pequeña mejora, no significativa, de la velocidad de lanzamiento ($TE = 0,24$) con programas de entrenamiento combinado. Al igual que en los resultados actuales, Bloomfield *et al.*, (1990) no encontraron cambios en la velocidad de lanzamiento después de 8 semanas de entrenamiento de fuerza a través de un programa piramidal en jugadores profesionales de WP. Explicaciones probables para estos cambios relativamente pequeños observados en el presente estudio, puede ser el nivel de experiencia del grupo de entrenamiento o la duración de los estímulos de entrenamiento (sólo 6 semanas en pretemporada). Sin embargo, la alta relación entre la fuerza y la velocidad de lanzamiento apoya la teoría de que ésta última también se ve influida por la fuerza del tren inferior para mejorar la capacidad de salto en el agua (Ramos Veliz *et al.*, 2014).

Los jugadores de waterpolo realizan con frecuencia series repetidas de nado máximo, rápidos cambios de dirección y aceleración, la mayoría de los cuales son esfuerzos de muy corta duración. La fuerza y la velocidad son los 2 factores principales que determinan el rendimiento de la velocidad de un nadador (Girolid *et al.*, 2007). De hecho, algunos estudios han informado que la

fuerza muscular se correlacionó significativamente con el tiempo de nado (Aspenes *et al.*, 2009) y que la producción de fuerza muscular del tren superior se correlacionaron altamente con la velocidad de nado en las distancias más cortas ($r = \sim 0,87$) (Hawley *et al.*, 1991; Platanou, 2005; Ramos Veliz *et al.*, 2014). Otros estudios sugieren que el tiempo de nado está más correlacionado ($r = -0,55$ a $-0,66$) con la fuerza específica producida en el medio acuático, siendo tests mucho más específicos (Ramos Veliz *et al.*, 2014; Strass, 1988). Los resultados de la presente investigación coinciden con los estudios que muestran que un programa de fuerza combinada y de alta intensidad pueden aumentar de manera significativa el rendimiento del tiempo de nado (2,57%) y la agilidad en el agua (5,60%), pero en el presente estudio, el aumento de rendimiento en estas variables es significativa sólo para el GA. Una posible explicación para las diferencias en los resultados entre los grupos experimentales podría ser la especificidad del entrenamiento. Para el GA los ejercicios específicos de fuerza fueron elegidos porque activaron los mismos grupos musculares utilizados para acelerar, cambiar de dirección, o nadar a sprint. Así, utilizando ejercicios multiarticulares de fuerza específica en el agua deben ser beneficiosos para explorar asociaciones con un movimiento dinámico, como el tiempo de nado o los cambios de dirección.

Una posible limitación del estudio podría ser la pequeña muestra disponible, aunque a menudo no pueden encontrarse jugadores profesionales. Por lo tanto, podríamos sugerir una mejora en los resultados si hubiera un aumento del número de jugadores, los ejercicios y las semanas de tratamiento. Otro factor que podría contribuir a los diferentes resultados obtenidos entre las investigaciones anteriores con respecto al factor del tiempo de nado es el entrenamiento y la experiencia del atleta. Debido a que los jugadores profesionales de WP con amplia experiencia en el entrenamiento y la competición, es más probable que las mejoras sean más difíciles conseguir.

Bibliografía

1. Aspenes, S, Kjendlie, PL, Hoff, J, & Helgerud, J. Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *J Sports Sci Med* 8: 357-365, 2009.
2. Aziz, AR, Lee, HC, & Teh, KC. Physiological characteristics of Singapore national water polo team players. *J Sports Med Phys Fitness* 42: 315-319, 2002.
3. Behm, DG, & Sale, DG. Velocity specificity of resistance training. *Sports Med* 15: 374-388, 1993.
4. Bloomfield, J, Blanksby, B, Ackland, T, & Allison, G. The influence of strength training on overhead WP throwing speed of elite water polo players. *Aust J Sci Med Sport* 22: 63-67, 1990.
5. Borg, G, Hassmen, P, & Lagerstrom, M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 56: 679-685, 1987.
6. Christou, M, Smilios, I, Sotiropoulos, K, Volaklis, K, Pilianidis, T, & Tokmakidis, SP. Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *J Strength Cond Res* 20: 783-791, 2006.
7. Costill, DL. Training adaptations for optimal performance. In: *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*. K.L. Keskinen, P.V. Komi, & A.P. Hollander, eds. Jyvaskyla, Finland: University of Jyvaskyla. 381-390, 1999.
8. D'Auria, S, & Gabbett, T. A time-motion analysis of international women's water polo match play. *Int J Sports Physiol Perform* 3: 305-319, 2008.
9. Falk, B, Lidor, R, Lander, Y, & Lang, B. Talent identification and early development of elite water-polo players: A 2-year follow-up study. *J Sports Sci* 22: 347-355, 2004.
10. Ferragut, C, Abrales, JA, Vila, H, Rodriguez, N, Argudo, FM, & Fernandes, J. Anthropometry and WP throwing speed in elite water polo by specific playing positions. *J Hum Kinet* 27: 31-44, 2011.

11. Foster, C, Florhaug, JA, Franklin, J, Gottschall, L, Hrovatin, LA, Parker, S, Doleshal, P, & Dodge, C. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res* 15: 109-115, 2001.
12. Girolid, S, Maurin, D, Dugue, B, Chatard, JC, & Millet, G. Effects of dry-land vs. resisted- and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. *J Strength Cond Res* 21: 599-605, 2007.
13. Hawley, JA & Williams, MM. Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. *Int J Sports Med* 12: 1-5, 1991.
14. Hawley, JA, Williams, MM, Victory, MM, & Handcock, PJ. Muscle power predicts freestyle swimming performances. *Br J Sports Med* 26: 151-155, 1992.
15. Hedges, LV & Olkin, I. Statistical Methods for Meta-analysis. New York, NY: Academic Press, 1985.
16. McCafferty, WB & Horvath, SM. Specificity of exercise and specificity of training: A subcellular review. *Res Q* 48: 358-371, 1977.
17. McCluskey, L, Lynskey, S, Kei Leung, C, Woodhouse, D, Briffa, K, & Hopper, D. Water polo throwing speed and jump height in female water polo players: Performance predictors. *J Sci Med Sport* 13: 236-240, 2010.
18. Pichon, F, Chatard, JC, Martin, A, & Cometti, G. Electrical stimulation and swimming performance. *Med Sci Sports Exerc* 27: 1671-1676, 1995.
19. Platanou, T. On-water and dry-land vertical jump in water polo players. *J Sports Med Phys Fitness* 45: 26-31, 2005.
20. Platanou, T & Geladas, N. The influence of game duration and playing position on intensity of exercise during match-play in elite water polo players. *J Sports Sci* 24: 1173-1181, 2006.
21. Ramos-Veliz, R, Requena, B, Suarez-Arrones, L, Newton, RU, & Saez de Villarreal, E. Effects of 18-week in-season heavy-resistance and power training on WP throwing speed, strength, jumping, and maximal sprint swim performance of elite male water polo players. *J Strength Cond Res* 25: 1007-1014, 2014.

22. Ramos-Veliz, R, Suarez-Arrones, L, Requena, B, Haff, GG, Feito, J, & Saez de Villarreal, E. Effects of in-competitive season lower body heavy resistance and high-intensity training on performance of elite female water polo. *J Strength Cond Res*. 29 (2) 458-465, 2015.
23. Rhea, MR. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res* 18: 918-920, 2004.
24. Sanders, RH. Analysis of the eggbeater kick used to maintain height in water polo. *J Appl Biomech* 15: 284-291, 1999.
25. Smith, DJ, Norris, SR, & Hogg, JM. Performance evaluation of swimmers: Scientific tools. *Sports Med* 32: 539-554, 2000.
26. Stevens, HB, Brown, LE, Coburn, JW, & Spiering, BA. Effect of swim sprints on throwing accuracy and velocity in female collegiate water polo players. *J Strength Cond Res* 24: 1195-1198, 2010.
27. Stewart, AM & Hopkins, WG. Seasonal training and performance of competitive swimmers. *J Sports Sci* 18: 873-884, 2000.
28. Strass, D. Effects of maximal strength training on sprint performance of competitive swimmers. In: *Swimming Science V: International Series on Sport Sciences* (Vol. 18). B.E. Ungerechts, K.Wilke, & K. Reischle, eds. London, United Kingdom: Spon Press. 149-156, 1988.
29. Tanaka, H, Costill, DL, Thomas, R, Fink, WJ, & Widrick, JJ. Dryland resistance training for competitive swimming. *Med Sci Sports Exerc* 25: 952-959, 1993.
30. Tsekouras, YE, Kavouras, SA, Campagna, A, Kotsis, YP, Syntosi, SS, Papazoglou, K, & Sidossis, LS. The anthropometrical and physiological characteristics of elite water polo players. *Eur J Appl Physiol* 95: 35-41, 2005.
31. Van den Tillaar, R. Effect of different training programs on the velocity of over arm throwing: A brief review. *J Strength Cond Res* 18: 388-396, 2004.

3.4. Estudio 4. Título 4. Mejora en el rendimiento de jugadores de waterpolo profesionales: Entrenamiento de fuerza en seco, entrenamiento de fuerza en agua y entrenamiento combinado.

3.4.1. Introducción

Al ser un deporte acuático de contacto, el rendimiento competitivo en el waterpolo (WP) no depende sólo de la fuerza, sino también de la capacidad de ejercer la fuerza a gran velocidad. Además de las habilidades técnicas y tácticas, la fuerza y la potencia muscular son los factores más importantes que ofrecen una clara ventaja en las competiciones profesionales de WP (Smith, 1998). La utilización de metodologías de fuerza y acondicionamiento que se dirigen a la optimización de la capacidad de la fuerza y la potencia es beneficiosa para mejorar el rendimiento de los jugadores de WP y se considera como un determinante crítico para conseguir el éxito en este deporte. Se pueden desarrollar mejoras en la fuerza y la potencia a través de una gran variedad de métodos de entrenamiento que incluyen los programas de entrenamiento tradicionales con cargas altas (Adams *et al.*, 1992; Ramos Veliz *et al.*, 2014; Ramos Veliz *et al.*, 2015), programas de entrenamiento balísticos y no-balísticos, entrenamiento de la velocidad y sus habilidades, entrenamiento combinado de fuerza y de velocidad y entrenamiento pliométrico (Aspenes *et al.*, 2009; Girolid *et al.*, 2007; Sáez de Villarreal *et al.*, 2013). En la actualidad, los autores sugirieron la incorporación de una combinación de métodos de entrenamiento como estrategia para entrenar más eficazmente y optimizar tanto las capacidades de fuerza y potencia (Girolid *et al.*, 2007; Haff *et al.*, 2012; Sáez de Villarreal *et al.*, 2013) en comparación con focalizar a un único objetivo de entrenamiento. Sin embargo, hasta donde sabemos, ningún estudio ha comparado directamente la eficacia del entrenamiento combinado (es decir, entrenamiento específico de fuerza en seco, en agua y pliométrico) sobre la fuerza máxima, la potencia y las capacidades de rendimiento en jugadores de WP.

Cuando se construye un tratamiento experimental, los ejercicios de fuerza utilizados en el programa de entrenamiento deben adaptarse a las necesidades individuales de los individuos y a las características biomecánicas y fisiológicas del deporte que están involucrados. Por ello, para optimizar la transferencia de las mejoras en la capacidad de la fuerza, el programa de entrenamiento de ejercicios utilizado debe ser específico para el deporte en cuestión. Por lo tanto, la importancia de la especificidad del entrenamiento y la capacidad de transferir los efectos del entrenamiento de fuerza y de potencia no se pueden exagerar y siempre tienen que considerarse en la construcción de las intervenciones para el tratamiento (Cronin *et al.*, 2002; Ford *et al.*, 1983; Rimmer *et al.*, 2000).

Aunque hay algunos estudios que incluyen ejercicios de entrenamiento de fuerza en WP para jugadores y entrenadores (Ramos Veliz *et al.*, 2014; Ramos Veliz *et al.*, 2015), hay una ausencia de estudios que describan la transferencia de los efectos de diferentes métodos de entrenamiento de fuerza en otras capacidades condicionales y mediciones clave en el rendimiento deportivo de los jugadores profesionales de WP. Los pocos hallazgos presentes en la literatura científica que han examinado directamente los efectos de los métodos combinados de entrenamiento de fuerza en el rendimiento se han traducido generalmente en resultados inconsistentes (Confort *et al.*, 2012; Delecluse *et al.*, 1995; Markovic *et al.*, 2007). La falta de consistencia en la literatura científica puede ser el resultado de la falta de especificidad de los ejercicios de fuerza empleados en estos estudios, que permite la transferencia directa de los efectos de entrenamiento a las mejoras en el rendimiento deportivo. Por tanto, una falta de especificidad en estos ejercicios puede explicar la ausencia de mejoras o pequeñas mejoras observadas en el rendimiento deportivo de estos estudios.

Por consiguiente, el propósito de este estudio fue examinar el efecto de tres métodos de entrenamiento de fuerza y de potencia que se caracterizan por su diferente velocidad, desplazamiento y uso de ejercicios tradicionales de fuerza

frente a ejercicios balísticos (con cargas y sólo el peso corporal) y otras cualidades muy específicas del rendimiento del WP (el salto en agua, el tiempo de nado, la agilidad, y la velocidad de lanzamiento). Nuestra hipótesis plantea un enfoque de entrenamiento combinado adecuado (es decir, el uso de ejercicios específicos en seco y en agua) que se traduce en mayores mejoras en el rendimiento que el entrenamiento de fuerza específica en agua, o el entrenamiento de fuerza orientado hacia la potencia por sí solo (es decir, utilizando entrenamiento pliométrico para el tren superior e inferior).

3.4.2. Diseño experimental y aproximación del problema

Este estudio está diseñado para comprobar como tres estímulos diferentes de entrenamiento afectan al rendimiento de la fuerza, el salto vertical, la agilidad, el tiempo de nado y la velocidad de lanzamiento contra diferentes resistencias externas. Se compararon los efectos de 6 semanas (18 sesiones) del tratamiento en un diseño con 3 grupos de sujetos, cada uno de ellos con diferentes métodos de entrenamiento: el grupo de entrenamiento de fuerza pliométrico (GP); el grupo de entrenamiento de fuerza en agua (GA); el grupo de entrenamiento de fuerza combinado (GCD). Todos ellos realizaron el mismo número de sesiones de entrenamiento de agua de waterpolo. Estos sujetos tienen cierta experiencia en este tipo de entrenamientos, aunque antes del comienzo del tratamiento, los sujetos fueron instruidos en la correcta ejecución técnica de todos los ejercicios que debían realizar. Se informó a los sujetos para que evitaran cualquier actividad física extenuante durante la duración del tratamiento y mantuvieran sus hábitos alimenticios.

GRUPOS	ASIGNACIÓN	PRE-TEST	TRATAMIENTO	POST-TEST (6 semanas)
Entrenamiento Fuerza Seco + Agua	10 jugadores	Salto vertical seco/ agua	Abdominales (fitball)	Salto vertical seco/ agua
			Cargada	
			Dominadas	
		Sentadilla completa	Press de banca	Sentadilla completa
			Press militar	
			Balón medicinal	
		Press de banca	Sentadilla completa	Press de banca
			Splits	
			Saltos: laterales y verticales (con carga)	
Entrenamiento Fuerza Agua	10 jugadores	Agilidad 10 metros	Gomas <ul style="list-style-type: none"> - Piernas: espalda y frontal. - Nado (pies atados): espalda y crol. 	Agilidad 10 metros
			Lanzamiento con Balón medicinal: <ul style="list-style-type: none"> - Pecho. - Tríceps. - Hacia atrás. 	
			Saltos Laterales: <ul style="list-style-type: none"> - Corchera-corchera. - Escuadra-escuadra. - Verticales: con/sin balón medicinal. 	
Entrenamiento Pliométrico	10 jugadores	Tiempo de nado en 20 metros	Entrenamiento fuerza pliometría	Tiempo de nado en 20 metros

Tabla 11. Tabla resumen de las mediciones y los ejercicios utilizados del estudio 4.

3.4.3. Sujetos experimentales

La muestra fue un grupo de 30 jugadores de waterpolo de categoría masculina, clasificados en tres grupos de entrenamiento: un grupo de entrenamiento de fuerza pliométrico (GP) con 10 jugadores; un grupo de entrenamiento de fuerza en agua (GA) con 10 jugadores; y un último grupo de entrenamiento de fuerza combinado (GCD) con 10 jugadores y con edades comprendidas entre 15-26 años. Los criterios de exclusión de la investigación eran los siguientes: sujetos con problemas médicos potenciales o historial de patologías en tobillo, rodilla o espalda en los últimos tres meses antes del estudio, sujetos con problemas médicos u ortopédicos que comprometían su participación o rendimiento en este estudio, o algún tipo de cirugía reconstructiva en la extremidad inferior en los últimos dos años, o problemas musculoesqueléticos sin resolver. Se informó detalladamente a todos los participantes sobre el contenido del estudio, sus objetivos, sus posibles riesgos y beneficios, y todos nos dieron su consentimiento por escrito antes de realizar los tests iniciales y el tratamiento. Los sujetos fueron asignados a los grupos según su experiencia en el juego del waterpolo y con el entrenamiento de fuerza. El estudio se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki y aprobado por el Comité Ético de la Universidad Pablo de Olavide.

3.4.4. Protocolo experimental

El estudio se desarrolló en una sala de entrenamiento de fuerza y en una piscina de competición con sus medidas reglamentarias (25X12,5m). Durante las 6 semanas del tratamiento, los sujetos entrenaron 5-6 días a la semana y jugaron un partido semanal (sábado) perteneciente al campeonato nacional de liga o campeonato regional.

3.4.5. Variables objeto de estudio

Variables independientes

El estudio que se planteó es de carácter experimental, donde la variable que actuó como independiente era el entrenamiento de fuerza por medio de estos ejercicios:

- *Press de banca.*
- *Dominadas.*
- *Press militar.*
- *Abdominales: isométrico y dinámico.*
- *Sentadilla completa.*
- *Saltos con carga.*
- *Saltos sin carga.*
- *Splits.*
- *Cargada.*
- *Balón medicinal.*

Variables dependientes

- *Test de fuerza máxima: press de banca y sentadilla completa.*
- *Altura del salto CMJ en seco y en agua.*
- *Velocidad de lanzamiento.*
- *Tiempo de nado en 20 metros.*
- *Test de agilidad de 10 metros.*

3.4.6. Control de variables extrañas

El cumplimiento del protocolo en la ejecución de los ejercicios en el momento de la realización de los tests se controló debidamente, como se explica más adelante al describir los tests. Las variables situacionales no existieron porque todos los tests se realizaron en las mismas condiciones y con las mismas instrucciones. El efecto del aprendizaje se eliminó, porque, según se indicará, los sujetos realizaron dos o tres sesiones previas de familiarización en la ejecución de los ejercicios.

3.4.7. Mediciones

3.4.7.1. Antropometría

La altura se midió con un tallímetro de pared (Seca222, NY, EE.UU.). La masa corporal se midió utilizando una escala médica, y la masa grasa, masa libre de grasa y el porcentaje de grasa corporal se estimó a partir de bio-impedancia (Tanita BC-418MA, Japón).

3.4.7.2. Test salto vertical en agua

La medición de la altura del salto vertical se realizó siguiendo el modelo propuesto por Platanou (2005). El salto vertical en el agua se evaluó mediante una tabla con una escala en centímetros. Su base estuvo colocada perpendicularmente en el borde de la piscina, a la altura de la superficie del agua. La placa se colocó 120 cm sobre la superficie del agua, en una posición tal que no obstaculizara el movimiento de los participantes durante el salto. La distancia entre el nivel inferior de la junta y la superficie del agua se mide con un trozo de cuerda con un pequeño peso atado. La altura de la placa pudo ser fácilmente ajustada para mantener constante la distancia.

Con el fin de registrar los saltos a los jugadores, se usó una cámara de vídeo SVHS (50 Hz frecuencia de muestreo, 720 y 576 píxeles de resolución horizontal y vertical, respectivamente) y se colocó en frente del tablero. La resolución de la medida era de 0,5 cm.



Figura 13. Imagen del modelo propuesto para la medición de salto en agua de Platanou (2005).

Los jugadores esperaban en posición de base, la cual consistía en sumergir el cuerpo hasta la zona del acromion, posición comúnmente adoptada por los jugadores cuando no están participando activamente en el juego. A continuación, estaban listos debajo de la tabla para saltar hacia arriba y tocar con la mano el punto más alto de la tabla que pudieran alcanzar (en 3 ocasiones diferentes). El análisis de video posterior se realizó mediante la congelación de la imagen, concretamente cuando el jugador tocaba con su mano el punto más alto de la tabla. Esto permitió la identificación de la distancia entre la superficie del agua y el punto más alto alcanzado sumando los centímetros obtenidos en el salto más la medida de la tabla (120 cm). La distancia total medida fue restada de la longitud de la extremidad superior.

3.4.7.3. Test salto vertical CMJ sin carga

El CMJ es un salto vertical en el que se pretende alcanzar la máxima elevación del centro de gravedad realizando una flexión-extensión rápida de piernas con la mínima parada entre ambas fases. La flexión debía llegar hasta un ángulo aproximado de 90°, aunque el grado de flexión no parece determinante si los saltos son "normales" o "naturales". No existió la ayuda de brazos, por lo que las manos deben quedar fijas, pegadas a las caderas. El tronco debía estar próximo a la vertical, sin un adelantamiento excesivo. Las piernas debían permanecer rectas durante la fase de vuelo, tomando contacto con el suelo con las puntas de los pies, y las rodillas estiradas. Después de tomar contacto con el suelo se podían flexionar las piernas hasta un ángulo aproximado de 90° en las rodillas. La posición inicial del sujeto es de pie con el cuerpo estirado y guardando la vertical (sin flexión de caderas o rodillas y sin inclinación hacia los lados o delante-atrás). La medición se realizó con una plataforma de contacto electrónica (Ergo-Jump, MuscleLabV718, Langesund, Norway). Se llevaron a cabo tres saltos, separados por dos minutos de descanso aproximadamente. Se calculó la media con estos tres intentos para el análisis estadístico.

3.4.7.4. Test tiempo de nado en 20 metros

Las mediciones se desarrollaron en una piscina de competición con sus medidas reglamentarias (25X12,5m). A través de esta medición, conocemos el tiempo que emplea un jugador para recorrer 20 metros a la máxima velocidad de nado. La medición se realizó con un sistema de cronometraje electrónico (Ergo-Test, Muscle Lab.V7.18, Langesund, Norway). Todos los sujetos realizaron un calentamiento estandarizado previo de 15 minutos dirigido por el investigador. El jugador partió de una posición vertical y situado de espaldas hacia la dirección que iba a nadar, recibió una señal sonora, por lo que debía realizar un giro de 180° y nadar a la máxima velocidad en la distancia citada.

3.4.7.5. Test de sentadilla completa. Fuerza dinámica máxima (1RM)

Para medir la fuerza dinámica máxima del tren inferior del cuerpo (1RM) se determinó como el peso más alto que pudo ser levantada a través de toda la gama de movimiento de una sentadilla con la técnica correcta. Los participantes llevaron a cabo la sentadilla desde una posición completamente extendida teniendo apoyada la barra en los hombros. A la orden, los participantes realizaron una sentadilla excéntrica controlada a un ángulo de la rodilla de 60 °, seguido sin pausa por una extensión de la pierna concéntrica (lo más rápido posible) de regresar a la extensión completa. El tronco se mantuvo lo más recto posible. El test estuvo dirigido por un especialista en entrenamiento de fuerza y acondicionamiento físico, que se encargó de comprobar la técnica correcta. Todos los participantes utilizaron un cinturón de seguridad. Las pruebas se realizaron en una máquina multipower (Smith, Modelo Adan - Deporte, Granada, España). La velocidad de desplazamiento se determinó usando una máquina multipower en el que la barra se une en ambos extremos, con rodamientos lineales en 2 barras verticales que permiten sólo movimientos verticales. Además, la barra de desplazamiento, el pico y la velocidad (metros por segundo) significa que se registraron utilizando un transductor lineal de velocidad adjunta al final de la barra. El transductor lineal de velocidad registró la posición y la dirección de la barra con una precisión de 0,0003 m. Se utilizó un programa informático (T-Force system, Ergotech, Murcia, España) para calcular la velocidad de desplazamiento para cada repetición de las sentadillas que se realizaron a lo largo de todo el rango de movimiento. El calentamiento consistió en una serie de 10 repeticiones con cargas de 40 a 60 % del máximo percibido. A partir de entonces, se realizaron 5-6 intentos individuales separados hasta que el sujeto no podía extender las piernas en la posición deseada. El último intento aceptable con mayor carga posible se determinó como 1RM. El período de descanso entre los intentos siempre fue de 2 minutos.



Figura 14. Ejecución del ejercicio de sentadilla.

3.4.7.6. Test de press de banca. Fuerza dinámica máxima (1RM)

El ejercicio de press de banca ha sido elegido por su gran implicación en la fuerza, velocidad y potencia de los de los músculos extensores del tren superior (pectorales, hombros y tríceps) ante todas las cargas, en el movimiento que se describe a continuación. Para su realización, los sujetos se colocaron en decúbito supino con la espalda y los glúteos apoyados sobre el banco, pies en el suelo o sobre un banco (según la ejecución de cada sujeto), sujetaron la barra con una empuñadura prona para despegarla luego de los apoyos y elevarla extendiendo los brazos para alcanzar la posición inicial con los codos extendidos a la altura del pecho. El ejercicio se inició bajando la barra hasta tocar el pecho, donde permaneció quieto (~1 s), hasta escuchar la orden de "¡ya!" que el evaluador transmitió al sujeto en cuanto observó que se realizaba correctamente la parada. En este momento se invirtió el movimiento, subiendo la barra hacia arriba a la máxima velocidad posible hasta la completa

extensión de los brazos. El resto de condiciones eran las mismas que las explicadas para la sentadilla.



Figura 15. Ejecución del ejercicio de press de banca.

3.4.7.7. Test de velocidad de lanzamiento

La medición de este test se realizó por medio del radar Stalker-Sport-Radar (Plano, TX, USA), detallado en los instrumentos de medida. Todos los participantes siguieron un protocolo de calentamiento antes de la prueba, que constó de 10 minutos de nado, más 5 minutos de pases con balón (450 gramos de peso, circunferencia de 0.71 metros, Mikasa W6009c, Irvine, CA, USA) para preparar la articulación muñeca-codo y el hombro. Al finalizar el calentamiento, con lanzamientos a portería e inmediatamente después realizaron el test, que consistió en lanzar lo más fuerte posible con precisión

(lanzar al centro) a la portería desde una distancia de 5 m. Se registraron los 3 lanzamientos de cada sujeto, hasta un máximo de 3 series de 3 lanzamientos consecutivos. Se proporcionaron 2 minutos de descanso entre las series de lanzamientos y 10 a 15 segundos entre el 2º lanzamiento de la misma serie. La media de los valores centrales se utilizó para el análisis estadístico posterior.



Figura 16. Ejecución del lanzamiento a portería.

3.4.7.8. Test de agilidad 10 metros

Los sujetos partieron de una posición base (posición vertical realizando piernas de waterpolo, en dirección hacia el otro extremo de la piscina). El examinador dió la señal de salida para que el atleta cruzara la fotocélula (Muscle Lab.V7.18, Langesund, Noruega) y se iniciara la prueba. El atleta nadó hacia el objetivo y tocó el travesaño con dos manos, luego nadó hacia el poste derecho y lo volvió a tocar y se desplazó de nuevo hacia el otro lateral tocando el palo izquierdo. Inmediatamente después de este paso, el atleta nadó cinco metros hacia atrás. El tiempo se detuvo cuando el atleta cruzó la fotocélula. Antes de la prueba, los participantes realizaron un calentamiento estandarizado, compuesto por cinco minutos de natación submáxima, seguido de algunos ejercicios de agilidad-media velocidad en el agua como pruebas de familiarización. La calificación de la prueba se registró como el mejor valor de los tres intentos. Hubo un período de descanso de dos minutos entre cada

intento. Los sujetos fueron descalificados si no pudieron tocar la base de cualquier palo o travesaño.



Figura 17. Ejecución del test de agilidad.

3.4.8. Procedimiento

Dos semanas antes de aplicar los tests a cada sujeto, se llevaron a cabo dos sesiones de familiarización con los tests de salto (CMJ) y de fuerza (sentadilla completa y press de banca), en las mismas condiciones que los tests definitivos.

Los tests iniciales se realizaron durante 2 días en una misma semana; lunes, tests de laboratorio (press de banca, sentadilla completa, CMJ); y miércoles, tests de piscina (tiempo de nado en 20 metros y velocidad de lanzamiento) para garantizar la fiabilidad de los resultados. Cada grupo tuvo un máximo de 5 sujetos con el objetivo principal de que los descansos entre los tests fueran los adecuados.

Las mediciones de los tests de laboratorio se realizaron teniendo en cuenta una programación de los horarios, como sigue a continuación: primer grupo de 17-18h, segundo grupo de 18-19h, tercer grupo de 19-20h, cuarto grupo 20-21h y quinto grupo de 21-22h. Después de la llegada de cada grupo al laboratorio, se cambiaron de ropa de calle por una ropa y calzado apropiados

para la realización de los tests, se les explicó el orden de los tests y su orden de participación. El orden de ejecución de los tests era el mismo para todos los grupos. Los tests finales se realizaron antes y después de las 6 semanas de entrenamiento de fuerza, siguiendo el mismo procedimiento. Es importante destacar que se repitió la programación de los horarios y que los sujetos volvieron a realizar el test final en la misma franja horaria que en el test inicial.

El peso se midió con una báscula de precisión (0.1 kg) (modelo Seca 011, NY, USA). Los sujetos estuvieron cuidadosamente familiarizados con el procedimiento de los tests de fuerza y producción de potencia durante varias acciones máximas y submáximas días antes de comenzar con las mediciones, y también como propósito de control. Adicionalmente, todos los sujetos realizaron un calentamiento previo a la ejecución de los ejercicios de familiarización. Todos los tests para determinar la fuerza, la potencia y la velocidad se realizaron en el pretest, en el posttest (periodo inicial y final de competición). Adicionalmente, se tuvo en consideración un descanso suficiente entre los tests para reducir los efectos de la fatiga en los subsiguientes tests.

3.4.9. Tratamiento

Los grupos de entrenamiento completaron 6 semanas de tratamiento individualizado (tablas) cumpliendo con una frecuencia de entrenamiento de 3 días/semana junto al entrenamiento de agua de waterpolo que realizaron 5-6 días/semana. Se entregó un diario de entrenamiento a cada sujeto, donde se indicaba la relación del volumen y la intensidad de cada sesión (calentamiento general, calentamiento específico, número de series, número de repeticiones, descanso entre las series y repeticiones, carga diaria).

ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN SECO						
Semana	1	2	3	4	5	6
Sesiones/Ejercicios	S1-S2-S3	S4-S5-S6	S7-S8-S9	S10-S11-S12	S13-S14-S15	S16-S17-S18
Press de banca	3x15 60%	3x15 60%	3x12 70%	3x12 70%	4x10 80%	4x10 80%
Sentadilla completa	3x15 60%	3x15 60%	3x12 70%	3x12 70%	4x10 80%	4x10 80%
Dominadas	3x Max	3x Max	3x Max	3x Max	4x Max	4x Max
Press militar	3x10 40%	3x10 40%	3x12 50%	3x12 50%	4x10 60%	4x10 60%
Splits	3x10 20%	3x10 20%	4x10 25%	4x10 25%	3x15 30%	3x15 30%
CMJ con carga	3x10x10kg	3x10x10kg	3x10x15kg	3x10x15kg	3x10x20kg	3x10x20kg
Cargada	3x10x20%BW	3x10x20%BW	4x10x40%BW	4x10x40%BW	3x15X60%BW	3x15X60%BW
CMJ	3X15	3X15	3X20	3X20	3X25	3X25
Abdominales						
Dinámico/Isométrico	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"	5x25rep/5x30"	5x25 rep/5x30"
Balón medicinal	3x10x5kg	3x10x5kg	4x10x5kg	4x10x5kg	4x15x5kg	4x15x5kg

	ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN AGUA					
Piernas WP espalda con gomas de resistencia	5X20"	5X20"	5X40"	5X40"	5X60"	5X60"
Piernas WP frontal con gomas de resistencia	5X20"	5X20"	5X40"	5X40"	5X60"	5X60"
Nado a espalda con gomas de resistencia	5X10"	5X10"	5X20"	5X20"	5X30"	5X30"
Nado frontal con gomas de resistencia	5X10"	5X10"	5X20"	5X20"	5X30"	5X30"
BM Lanzamiento	3x10x3kg	3x10x3kg	4x10x3kg	4x10x3kg	4x15x3kg	4x15x3kg
BM Lanzamiento pared	3x10x5kg	3x10x5kg	4x10x5kg	4x10x5kg	4x15x5kg	4x15x5kg
BM Lanzamiento espalda	3x10x5kg	3x10x5kg	4x10x5kg	4x10x5kg	4x15x5kg	4x15x5kg
Salto lateral	4X9	4X9	4X12	4X12	4X15	4X15
Salto lateral de poste a poste de la portería	4X9	4X9	4X12	4X12	4X15	4X15
Salto vertical con BM	4x5x5kg+sprint 5m	4x5x5kg+sprint 5m	4x7x5kg+sprint 5m	4x7x5kg+sprint 5m	4x10x5kg+sprint 5m	4x15x5kg+sprint 5m

	ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO					
CMJ con carga	3x10x10kg	3x10x10kg	3x10x15kg	3x10x15kg	3x10x20kg	3x10x20kg
CMJ	3X15	3X15	3X20	3X20	3X25	3X25
Abdominales Dinámico/Isométrico	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"
Burpees	3x Max	3x Max	3x Max	3x Max	4x Max	4x Max
Dominadas + Salto	3x Max	3x Max	3x Max	3x Max	4x Max	4x Max
BM Lanzamiento	3x10x3kg	3x10x3kg	4x10x3kg	4x10x3kg	4x15x3kg	4x15x3kg
BM Lanzamiento pecho	3x10x5kg	3x10x5kg	4x10x5kg	4x10x5kg	4x15x5kg	4x15x5kg
BM Lanzamiento atrás	3x10x5kg	3x10x5kg	4x10x5kg	4x10x5kg	4x15x5kg	4x15x5kg

Tabla 12. Programa de entrenamiento para el grupo de fuerza en seco, fuerza en agua y pliométrico del estudio 4.

BM: Balón Medicinal; **%:** Porcentaje de 1 RM.; **PC:** Peso Corporal: todas las repeticiones posibles.

3.4.10. Análisis estadístico

Se realizaron análisis estadísticos descriptivos (media \pm DE) para las diferentes variables. El coeficiente de correlación intraclase (CCI) se utilizó para determinar la fiabilidad de las mediciones. La distribución de cada variable se analizó con la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Los efectos relacionados con el entrenamiento y las diferencias entre los grupos se evaluaron mediante un MANOVA con el contraste F de *Snedecor*. Cuando se alcanzó un *F*-valor significativo, se realizaron procedimientos post hoc de Bonferroni para localizar las diferencias por pares entre las medias. Ganancia TEs se calcularon utilizando Hedges y Olkin (1985), utilizando la fórmula $g = (M_{\text{post}} - M_{\text{pre}}) / DE_{\text{pooled}}$, donde m_{post} es la media para el post-test y M_{pre} es la media del pretest y DE_{pooled} es la DE agrupada de la mediciones. Se ha sugerido (Rosenthal, 1984; Thomas *et al.*, 1986) que el TE debe ser corregido en función de la magnitud del tamaño de la muestra de cada estudio. Por lo tanto, se realizó una corrección utilizando la fórmula: $1 - 3 / (4m - 9)$, donde $m = n - 1$, según lo propuesto por Hedges y Olkin (1985). La escala utilizada para la interpretación fue la propuesta por Rhea (2004), ya que es específica para la investigación sobre rendimiento y el nivel de entrenamiento de los sujetos para evaluar la magnitud relativa de un TE. Las magnitudes de los TE se consideraron trivial ($<0,35$), pequeño (0,35-0,80), moderada (0,80 a 1,50) o grandes ($> 1,5$). Se calculó el intervalo de confianza del 95% (IC) para el tamaño del efecto. La significación estadística fue aceptada a un nivel α de $p \leq 0,05$.

3.4.11. Resultados

Al inicio del estudio, no se observaron diferencias significativas entre los grupos en ninguna de las características antropométricas, fuerza o variables de rendimiento evaluadas. Del mismo modo, después de 6 semanas de entrenamiento, no se observaron cambios significativos en cualquiera de las

características físicas analizadas. No se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) después del entrenamiento en el RPE de la sesión entre los grupos (GCD = 310.5 ± 12.2 UA (303,7-253 313,7; IC); GA = 297 ± 13.3 UA (289,4 a 304,5; IC) y GP = 301.5 ± 12.8 UA (294,2 a 308,7; IC).

3.4.11.1. Salto con contramovimiento (CMJ)

Aumentos estadísticamente significativos ($p = 0,002$) ocurrieron en el CMJ (cm) en el grupo GP (2,43 cm; 6,17%). También se observaron diferencias significativas después del período de entrenamiento de 6 semanas entre los GP, GCD y GA (Tabla 2). El test de salto vertical se consideró fiable basándose en un CCI = 0,95 (0,93-0,97).

3.4.11.2. Salto en agua

Aumentos estadísticamente significativos ($p = 0,05$) ocurrieron en el salto en agua (cm) en GCD (2,36 cm; 4,40%) y GA (2,63 cm; 5,10%). No se observaron diferencias después de entrenar en la magnitud de los cambios entre los grupos. El test de salto en agua, se consideró fiable basándose en un CCI = 0,93 (0,91 a 0,95).

3.4.11.3. Fuerza dinámica máxima en press de banca y sentadilla completa (1RM)

La fuerza dinámica máxima en sentadilla 1RM (kg) aumentó significativamente ($p \leq 0.001$) en todos los grupos ([GCD (12,5 kg; 14,20%), GA (10,30 kg; 11,55%) y GP (12,20 kg; 14,59%)]. No se observaron diferencias después de entrenar en la magnitud de los cambios entre los grupos. El 1RM (kg) en press de banca aumentó significativamente ($p \leq 0.001$) en el GCD (9,2

kg; 12,65%) y GP (5,32 kg; 7,67%). Se observaron diferencias ($p = 0.05$) después del entrenamiento en la magnitud del aumento entre el GCD y GA en el 1RM de press de banca. El CCI para los test de fuerza fue de 0,92 (0,90-0,94) (1RM en sentadilla) y 0,90 (0,88-0,92) (1RM en press de banca) lo que sugiere que los tests eran fiables.

3.4.11.4. Velocidad de lanzamiento

Se incrementó significativamente ($p \leq 0.001$) la velocidad de lanzamiento (km / h) en todos los grupos ([GCD (9,14 km / h; 17,57%), GA (6,75 km / h; 12,80%) y GP (5.85 km / h; el 11,43%)]). Se observaron diferencias ($p = 0.05$) después del entrenamiento en la magnitud del aumento entre los grupos (Tabla 2). La velocidad de lanzamiento se considera fiable basándose en un CCI = 0,88 (0,86 a 0,90).

3.4.11.5. Agilidad

Una disminución estadística significativa ($p = 0,002$) se produjo en el test de agilidad en el grupo GCD (-0,72 seg, -7,37%). Se observaron diferencias significativas ($p = 0,05$) después del período de entrenamiento de 6 semanas para la magnitud de la disminución entre los grupos. El test de agilidad se considera fiable basándose en un CCI = 0,89 (0,87-0,91).

3.4.11.6. Tiempo de nado en 20 metros

Se produjo una disminución estadística no significativa ($p > 0,05$) en el tiempo de nado en 20 metros (s) en todos los grupos experimentales. No se observaron diferencias significativas después del período de entrenamiento de 6 semanas en la magnitud de la disminución entre los grupos.

	GRUPO COMBINADO (GCD)				GRUPO AGUA (GA)			
	PRE	POST	% DE CAMBIO	TE	PRE	POST	% DE CAMBIO	TE
CMJ (cm)	38.56 ± 4.04	39.87 ± 4.25	3.39	0.32 ± 0.03	39.12 ± 3.07	40.23 ± 4.21	2.83	0.36 ± 0.04
Salto agua(cm)	53.57 ± 5.87	55.93 ± 6.58 ^a	4.40	0.40 ± 0.02	51.60 ± 6.65	54.23 ± 5.67 ^a	5.10	0.40 ± 0.03
Press de banca 1RM (kg)	72.70 ± 12.89	81.90 ± 13.37 ^{ab}	12.65	0.71 ± 0.04	73.40 ± 10.47	76.90 ± 11.70	4.77	0.33 ± 0.03
Sentadilla compl. 1RM (kg)	88.05 ± 13.70	100.5 ± 16.05 ^a	14.20	0.91 ± 0.07	89.20 ± 15.18	99.50 ± 18.01 ^a	11.55	0.68 ± 0.05
Vel. Izto (km/h)	52.02 ± 5.87	61.16 ± 5.29 ^{ab}	17.57	1.55 ± 0.11	52.74 ± 5.20	59.49 ± 4.13 ^a	12.80	1.29 ± 0.09
Agilidad (seg)	9.82 ± 0.88	9.10 ± 0.82 ^{ab}	7.37	0.81 ± 0.08	9.82 ± 0.98	9.44 ± 0.75	3.90	0.39 ± 0.02
Tiempo de nado 20-m(seg)	12.20 ± 0.95	12.03 ± 0.88	1.36	0.13 ± 0.01	12.28 ± 0.94	12.24 ± 0.85	0.24	0.02 ± 0.00

GRUPO PLIOMÉTRICO (GP)				
	PRE	POST	% DE CAMBIO	TE
CMJ (cm)	39.34 ± 3.15	41.77 ± 4.12 ^{ac}	6.17	0.77 ± 0.06
Salto agua(cm)	51.70 ± 7.06	53.33 ± 5.80	3.16	0.23 ± 0.01
Press de banca 1RM (kg)	69.30 ± 13.63	74.60 ± 12.70 ^a	7.67	0.39 ± 0.03
Sentadilla compl. 1RM (kg)	83.60 ± 14.71	95.80 ± 18.84 ^a	14.59	0.83 ± 0.07
Vel. lzto (km/h)	51.18 ± 6.05	57.03 ± 5.01 ^a	11.43	0.96 ± 0.10
Agilidad (seg)	9.86 ± 0.76	9.55 ± 0.77	3.15	0.41 ± 0.02
Tiempo de nado 20-m(seg)	12.14 ± 0.96	12.06 ± 0.72	0.63	0.06 ± 0.00

Tabla 13. Tests de rendimiento en los grupos GS y GA antes y después de 6 semanas del entrenamiento en pretemporada. CMJ (cm), salto en agua (cm), press de banca 1 RM (kg), sentadilla 1 RM (kg), velocidad de lanzamiento (km/h), agilidad (seg) y tiempo en 20-m (seg). Los valores se presentan como media ± DE.

^a Diferencias significativas entre valores pre-entrenamiento y post-entrenamiento ($p < 0.001$).

^b Diferencias significativas con el grupo combinado (GCD) ($p < 0.05$).

^c Diferencias significativas con el grupo pliométrico (GP) ($p < 0.05$).

3.4.12. Discusión

El objetivo primario de ésta investigación agrega valor a los estudios realizados anteriormente sobre las diferentes adaptaciones del rendimiento en WP asociados con el uso de entrenamiento de fuerza tradicional, específico en agua, pliométrico y combinado. Nuestros resultados ponen de manifiesto que un programa de entrenamiento combinado de 6 semanas se traduce en una mayor mejora en el rendimiento de la fuerza máxima que otros métodos de entrenamiento analizados en este estudio. Además, un programa de entrenamiento combinado parece producir un estímulo más potente ya que este entrenamiento resulta ser más beneficioso en los diversos parámetros de rendimiento en WP (velocidad de lanzamiento y agilidad) en comparación con los otros métodos de entrenamiento estudiados.

Gran cantidad de investigaciones han estado centradas en el desarrollo del rendimiento en el salto vertical (en seco y agua) con el uso de una gran variedad de métodos de entrenamiento (Arampatzi *et al.*, 2010; Platanou, 2005; Sáez de Villarreal *et al.*, 2011). En concreto, el entrenamiento pliométrico provoca mejoras significativas en el rendimiento del salto vertical (Sáez de Villarreal *et al.*, 2008; Sáez de Villarreal *et al.*, 2009). Al igual que en estudios publicados anteriormente, también se observó una mejora significativa de 6.17% en la altura del CMJ en el GP. Estos resultados concuerdan con los estudios publicados anteriormente que informan que aquellos programas pliométricos que contienen diferentes modalidades (es decir, el uso de CMJ, burpees, dominadas + saltos) pueden aumentar significativamente el rendimiento del salto vertical. Sin embargo, sólo se observaron mejoras significativas en el salto en agua en los grupos que realizaron el entrenamiento de fuerza específico con el GCD y GA exhibiendo unos incrementos del 4,40% y 7,10%, respectivamente. Los resultados de la presente investigación coinciden con trabajos previos (Ramos Veliz *et al.*, 2014) demostrando que un programa específico de fuerza en agua puede aumentar de manera significativa la capacidad de salto en el agua. La intervención de entrenamiento específica de fuerza en agua incluye a los movimientos de las piernas, utilizados en WP

donde involucran a las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo. Con el adecuado entrenamiento de fuerza y de alta intensidad en el tren inferior, los jugadores pueden generar fuerzas para elevar el cuerpo y mejorar el rendimiento de la capacidad de salto en agua. De este modo, los jugadores de WP necesitan desarrollar la capacidad de mantener altas velocidades de movimiento de las piernas durante todo el ciclo de patada, para mejorar la capacidad de salto vertical en el agua (Sanders, 1999).

Varios estudios han demostrado la capacidad del entrenamiento de potencia (entrenamiento pliométrico) y cargas altas para mejorar tanto el rendimiento motor como de la fuerza (Fry *et al.*, 2001; Sáez de Villarreal *et al.*, 2013). Nuestros resultados coinciden con los estudios (Adams *et al.*, 1991; Lyttle *et al.*, 1996; McBride *et al.*, 2002), mostrando que un programa combinado puede aumentar significativamente el rendimiento de la fuerza en jugadores de WP. Curiosamente, el presente estudio muestra también que los aumentos en la 1RM para sentadilla y press de banca han sido casi los mismos para los GCD y GP. Las mejoras en la fuerza expresadas por el grupo GP (7,67% en press de banca y 14,59% en sentadilla) pueden atribuirse al uso de ejercicios orientados a la potencia (es decir, CMJ con carga, sentadillas con salto, dominadas + saltos, burpees, lanzamiento de balón medicinal) que se caracterizan por una ejecución más explosiva y rápida del ciclo de estiramiento-acortamiento, mejorando la potencia mecánica y la fuerza máxima (Adams *et al.*, Fatouros *et al.*, 2000). De hecho, este tipo de ejercicios han sido propuestos como los ideales para el desarrollo de la fuerza máxima debido a su similitud con los patrones de movimiento, velocidades, potencia y al alto grado de especificidad mecánica (Behm *et al.*, 1993).

Los factores que influyen en la velocidad de lanzamiento incluyen a la fuerza del tren superior e inferior y del tronco, la técnica de lanzamiento y la capacidad de salto vertical (Ferragut *et al.*, 2011; McCluskey *et al.*, 2010; Stevens *et al.*, 2010). Varios estudios han concluido que el entrenamiento de fuerza con ejercicios para el tren superior con cargas de un 60-80% 1RM

parece influir de manera positiva en la velocidad de lanzamiento (Ramos Veliz *et al.*, 2014; Van den Tillaar, 2004). Otros estudios han demostrado que un programa de fuerza combinado y de alta intensidad podrían resultar beneficiosos en el rendimiento de la velocidad de lanzamiento (Ramos Veliz *et al.*, 2014). Nuestros resultados coinciden con estos hallazgos, ya que demuestran que un programa de fuerza combinado y de alta intensidad pueden aumentar el rendimiento de la velocidad de lanzamiento (17,57%). Por el contrario, otros estudios no han tenido mejoras en la velocidad de lanzamiento después del entrenamiento de fuerza (Bloomfield *et al.*, 1990; Ramos Veliz *et al.*, 2014). Estos resultados pueden deberse a los diferentes niveles de experiencia y rendimiento de los grupos de entrenamiento.

Investigaciones similares (Adams *et al.*, 1992; Fatouros *et al.*, 2000) sobre las metodologías de entrenamiento, planteamos la hipótesis de que una metodología de entrenamiento combinada es superior en lugar de centrarse en un único modo de entrenamiento. Sin embargo, las diferencias, aunque fueron favorables en el grupo que entrenó la combinación de ejercicios, fueron menores de lo esperado en cuanto al test de agilidad en el agua y el tiempo de nado. La fuerza y la velocidad son dos factores importantes que determinan la rapidez de un jugador en sprints de natación (Girolid *et al.*, 2005). De hecho, algunos autores han informado que la fuerza muscular se correlaciona significativamente con el tiempo de nado (Aspenes *et al.*, 2009) y que la fuerza muscular del tren superior se correlaciona altamente con el tiempo de nado, especialmente en distancias cortas de natación ($r \sim 0.87$) (Platanou, 2005; Ramos Veliz *et al.*, 2014). Los resultados de la presente investigación coinciden parcialmente con estos resultados ya que demuestran que un programa combinado puede aumentar de manera significativa la agilidad en el agua (7,37%), mientras que no hubo una mejora significativa en las variables de rendimiento de nado en 20 metros en ninguno de los grupos experimentales. Una posible explicación de la falta de mejora del tiempo de nado en los grupos experimentales podría estar relacionada con la especificidad del entrenamiento y el número limitado de ejercicios específicos

relacionados con el rendimiento del nado. Esta falta de especificidad puede haber proporcionado una mejora insuficiente del tiempo de nado y del sistema neuromuscular de un jugador. Por lo tanto, se puede argumentar que una mayor mejora se podría haber logrado aumentando el número de ejercicios de mayor velocidad en agua. Otro factor que podría contribuir a los diferentes resultados entre las investigaciones anteriores con respecto al tiempo de nado es el entrenamiento y la experiencia del atleta. Debido a que son atletas profesionales de WP con una amplia experiencia en entrenamiento y competición, es probable que las mejoras sean más difíciles de conseguir.

Bibliografía

1. Adams, K, O'Shea, JP, O'Shea, KL, & Climstein, M. The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-PT on power production. *J Appl Sport Sci Res* 6(1): 36-41, 1992.
2. Arampatzi, F, Kellis, E, & Saez de Villarreal, E. Vertical jump biomechanics after plyometric, weight lifting and combined (weight lifting + plyometric) training. *J Strength Cond Res* 24(9): 2440-2448, 2010.
3. Aspenes, S, Kjendlie, PL, Hoff, J, & Helgerud, J. Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *J Sports Sci Med* 8: 357-365, 2009.
4. Behm, DG, & Sale, DG. Velocity specificity of resistance training. *Sports Med* 15(6): 374-378, 1993.
5. Bloomfield, J, Blanksby, B, Ackland, T, & Allison, G. The influence of strength training on overhead throwing velocity of professional water polo players. *Aust J Sci Med Sport* 22: 63-67, 1990.
6. Borg, G, Hassmen, P, & Lagerstrom, M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur J Appl Physiol* 56(6): 679-685, 1987.
7. Comfort, P, Haigh, A, & Matthews, MJ. Are changes in maximal squat strength during preseason training reflected in changes in sprint performance in rugby league players? *J Strength Cond Res* 26(3): 772-776, 2012.
8. Cronin, JB, McNair, PJ, & Marshall, RN. Is velocity-specific strength training important in improving functional performance? *J Sports Med Phys Fitness* 42(3): 267-273, 2002.
9. Delecluse, C, Van Coppenolle, C, Willems, H, Van Leemputte, M, Diels, R, & Goris, M. Influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* 27: 1203-1209, 1995.
10. Fatouros, IG, Jamurtas, AZ, Leontsini, D, Kyriakostaxildaris, N, Aggelousis, N, Kostopoulos, N, & Buckenmeyer, P. Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *J Strength Cond Res* 14(4): 470-476, 2000.

11. Ferragut, C, Abrales, JA, Vila, H, Rodriguez, N, Argudo, FM, & Fernandes, J. Anthropometry and Throwing Velocity in Professional water polo by Specific Playing Positions. *J Hum Kin* 27: 31-44, 2011.
12. Ford, HT, Puckett, J, Drummond, J, Sawyer, K, Gantt, K, & Fussell, C. Effects of three combinations of plyometric and weight training programs on selected physical fitness test items. *Percept Mot Skills* 56: 919-922, 1983.
13. Foster, C, Florhaug, JA, Franklin, J, Gottschall, L, Hrovatin, LA, Parker, S, Doleshal, P, & Dodge, C. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res* 15(1): 109-115, 2001.
14. Fry, AC, Kraemer, WJ, Weseman, CA, Conroy, BP, Gordon, SE, Hoffman, JR, & Maresh, CM. The effect of an off-season strength and conditioning program on starters and non starters in women's intercollegiate volleyball. *J Appl Sports Sci* 5: 74-81, 1991.
15. Girolid, S, Maurin, D, Dugue, B, Chatard, JC, & Millet, G. Effects of dry-land vs. resisted and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. *J Strength Cond Res* 21: 599-605, 2007.
16. Haff, GG, & Nimphius, S. Training Principles for Power. *Strength Cond J* 34(6): 2-12, 2012.
17. Hedges, LV, & Olkin, I. Statistical Methods for Meta-Analysis. New York: Academic Press, 1985.
18. Lyttle, AD, Wilson, GJ, & Ostrowski, KJ. Enhancing performance: Maximal power versus combined weights and PT. *J Strength Cond Res* 10: 173-179, 1996.
19. Markovic, GI, Jukic, D, Milanovic, D, & Metikos, D. Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *J Strength Cond Res* 21(2): 543-549, 2007.
20. McBride, JM, Triplett-McBride, T, Davie, A, & Newton, RU. The effect of heavy versus light load jump squats on the development of strength, power, and speed. *J Strength Cond Res* 16: 75-82, 2002.
21. McCluskey, L, Lynskey, S, Kei Leung, C, Woodhouse, D, Briffa, K, & Hopper, D. Throwing velocity and jump height in female water polo players: Performance predictors. *J Sci Med Sport* 13: 236-240, 2010.

22. Platanou T. On-water and dryland vertical jump in water polo players. *J Sports Med Phys Fitness* 45: 26-31, 2005.
23. Ramos-Veliz, R, Requena, B, Suarez-Arrones, L, Newton, RU, & Saez de Villarreal, E. Effects of 18-week in-season heavy- resistance and power training on throwing velocity, strength, jumping, and maximal sprint swim performance of professional male water polo players. *J Strength Cond Res* 28 (4): 1007-1014, 2014.
24. Ramos-Veliz, R, Suarez-Arrones, L, Requena, B, Haff, G, Feito, J, & Saez de Villarreal, E. Effects of in-season lower body heavy resistance and high-intensity training on performance of professional female water polo. *J Strength Cond Res* 29 (2): 458-465. 2015.
25. Rhea, MR. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res* 18: 918-920, 2004.
26. Rimmer, E, & Sleivert, G. Effects of plyometric intervention program on sprint performance. *J Strength Cond Res* 14: 295–301, 2000.
27. Rosenthal, R. Meta-Analytic Procedures for Social Research. Beverly Hills: Sage, 1984.
28. Saez de Villarreal, E, Gonzalez-Badillo, JJ, & Izquierdo, M. Low and moderate plyometric training frequency produce greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. *J Strength Cond Res* 22(3): 715-725, 2008.
29. Saez de Villarreal, E, Izquierdo, M, & Gonzalez-Badillo, JJ. Enhancing jump performance after combined vs maximal power, heavy-resistance and plyometric training alone. *J Strength Cond Res* 25(12): 3274-3281, 2011.
30. Saez de Villarreal, E, Kellis, E, Kraemer, WJ, & Izquierdo, M. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: A meta-analysis. *J Strength Cond Res* 23: 495-506, 2009.
31. Saez de Villarreal, E, Requena, B, Izquierdo, M, & Gonzalez-Badillo, JJ. Enhancing sprint and strength performance after combined vs maximal power, heavy-resistance and plyometric training alone. *J Sci Med Sport* 16(2): 146-150, 2013.

32. Sanders, RH. Analysis of the eggbeater kick used to maintain height in water polo. *J Appl Biomech* 15: 284-291, 1999.
33. Smith, HK. Applied physiology of water polo. *Sports Med* 26: 317-334, 1998.
34. Stevens, HB, Brown, LE, Coburn, JW, & Spiering, BA. Effect of swim sprints on throwing accuracy and velocity in female collegiate water polo players. *J Strength Cond Res* 24(5): 1195-1198, 2010.
35. Thomas, JR, & French, KE. The use of meta-analysis in exercise and sport: a tutorial. *Res Q Exerc Sport* 57: 196-204, 1986.
36. Van den Tillaar, R. Effect of different training programs on the velocity of over arm throwing: A brief review. *J Strength Cond Res* 18(2): 388-396, 2004.

4. Conclusiones

4. CONCLUSIONES

Estudio 1

1. Los resultados demostraron que las jugadoras profesionales de waterpolo pueden mejorar la fuerza muscular y la capacidad de salto, realizando durante la temporada un programa de fuerza y potencia que implica ejercicios para el tren inferior (sentadilla completa, split y saltos con y sin carga). Por otra parte, no hay interferencia aparente entre el desarrollo de la fuerza y la capacidad de salto y la velocidad de lanzamiento.
1. *These results demonstrate that elite female water polo players can enhance muscle strength and jumping ability by undertaking in-season strength and power-oriented training involving exercises for lower body (FS, split squat, and loaded and unloaded jump exercises). Moreover, there is no apparent interference between the development of strength and jumping ability and water polo ball ThS.*
2. Este estudio también manifiesta la importancia de los altos niveles de fuerza para resolver las acciones de alta intensidad del juego. Estos beneficios se pueden conseguir a corto plazo con sólo dos sesiones por semana de entrenamiento de fuerza y potencia durante la temporada.
2. *This study also emphasizes the importance of high levels of strength to resolve high-intensity game actions. Such benefits can be realized from only 2 short resistance and power-oriented training sessions per week during competitive season.*

3. Las mejoras en el rendimiento mostradas en el presente estudio son de gran interés para los entrenadores de waterpolo y son directamente aplicables a las jugadoras de waterpolo. Anteriormente otros autores encontraron mejoras similares realizando entrenamiento de fuerza y potencia en otros deportes, pero desde nuestro conocimiento este es el primer estudio donde se implican a jugadoras profesionales de waterpolo.

3. *The performance improvements shown in this study are of great interest for water polo coaches and are directly applicable to female water polo players. Previous authors have found a similar benefit of strength and power-oriented training in other sports, but this is the first study to the best of our knowledge involving elite female water polo players.*

4. Se recomienda a los entrenadores de waterpolo implementar durante la temporada un programa de entrenamiento de fuerza y de potencia para mejorar el rendimiento de sus jugadoras. Los resultados pueden ayudar a los entrenadores y científicos del deporte para formular mejores directrices y recomendaciones en la evaluación y selección del atleta, la prescripción del entrenamiento y la monitorización y la preparación para la competición.

4. *It is recommended that water polo coaches implement during competitive season resistance and power-oriented training to enhance the performance of their players. The outcomes may help coaches and sport scientists formulate better guidelines and recommendations for athlete assessment and selection, training prescription, and monitoring and preparation for competition.*

Estudio 2

5. Los resultados demostraron claramente que los jugadores profesionales de WP pueden aumentar la fuerza muscular durante la temporada mediante la realización de un programa de fuerza y de alta intensidad en 18 semanas con el uso de ejercicios tanto el tren superior e inferior (press de banca, sentadilla completa, dominadas, y salto con y sin cargas). Además, aparentemente no hay ninguna interferencia entre el desarrollo de la fuerza y el tiempo de nado y la velocidad de lanzamiento.
5. *We have clearly demonstrated that elite male WP players can enhance muscle strength by undertaking an 18-week in-season program of strength and high intensity-oriented training involving exercises for both the upper and the lower-body (BP, FS, pull-ups, and loaded and unloaded jump exercises). Moreover, there is no apparent interference between the development of force and maximal sprint swim performance and WP ball throwing velocity.*
6. Estas cualidades específicas del rendimiento del WP mejoraron considerablemente gracias al entrenamiento de fuerza y de alta intensidad, más que el entrenamiento realizado en agua. Es un régimen de entrenamiento práctico y de fácil implementación para complementar el tradicional entrenamiento técnico y táctico de la temporada.
6. *Rather, these sport specific performance qualities were enhanced considerably by the strength and high-intensity training, over and above that achieved through in-water training. It has proven quite easy and practical to add the proposed regimen to the traditional in-season technical and tactical training regimen.*

7. Las mejoras en el rendimiento mostradas en este estudio son de gran interés para los entrenadores de WP, debido a que el rendimiento en este deporte se basa en gran medida en el salto vertical específico en el agua, el tiempo de nado, y la velocidad de lanzamiento que mejoraron por el entrenamiento de fuerza y de alta intensidad.

7. *The performance improvements shown in this study are of great interest for WP coaches, because the performance of this sport relies greatly on the specific in-water vertical jump, maximal sprint swim, and throwing abilities that were enhanced by the strength and high intensity–oriented training regimen.*

8. Anteriormente los autores han encontrado un beneficio similar con entrenamiento de fuerza y de alta intensidad en otros deportes, pero este es el primer estudio a nuestro conocimiento que involucra jugadores profesionales de WP. Recomendamos a los entrenadores de WP que apliquen el entrenamiento de fuerza y de alta intensidad durante la temporada para mejorar el rendimiento de sus jugadores.

8. *Previous authors have found a similar benefit of strength and high-intensity training in other sports, but this is the first study to our knowledge involving elite WP players. It is recommended that WP coaches implement in-season strength and high-intensity training to enhance the performance of their players.*

Estudio 3

9. El presente estudio demostró que los jugadores profesionales de WP pueden mejorar la fuerza muscular y otros parámetros de rendimiento específico de WP mediante la realización de un programa específico de fuerza y de alta intensidad durante 6 semanas de pretemporada en seco y en agua para el tren superior e inferior.
9. *The present study showed that a sample of elite male WP players can enhance muscular strength and other WP specific performance parameters by undertaking a 6-week preseason dry-land and in-water specific training program consisting strength and high-intensity oriented exercises for both the upper and the lower body.*
10. Las cualidades de rendimiento específicas del deporte mejoraron considerablemente gracias al entrenamiento de fuerza y de alta intensidad, más si cabe que el entrenamiento realizado en agua. El programa de entrenamiento utilizado en el presente estudio puede integrarse fácilmente en la planificación tradicional de pretemporada junto a los componentes técnico y táctico.
10. *Indeed, the sport specific performance qualities were enhanced considerably by the strength and high-intensity training, over and above that achieved through in-water training. The training program regime used in the current study is easily integrated into a traditional preseason technical and tactical training regimen.*
11. Las mejoras en el rendimiento mostradas en el presente estudio son de gran interés para los jugadores y entrenadores de WP ya que el rendimiento de este deporte se basa en gran medida en el entrenamiento de la fuerza específica en el agua.

11. *The performance improvements shown in the present study are of great interest for WP players and coaches because the performance of this sport relies greatly on the specific in-water strength training.*

12. Aunque los autores anteriores han encontrado un beneficio similar del entrenamiento combinado de fuerza y de alta intensidad en WP, este es el primer estudio, a nuestro conocimiento, que implica al entrenamiento de fuerza específica en agua en jugadores profesionales de WP. Teniendo en cuenta las presentes conclusiones, se recomendaría a los entrenadores de WP que implementaran durante la pretemporada un entrenamiento de fuerza específico en seco y en agua de alta intensidad para mejorar el rendimiento de sus jugadores.

12. *Although, previous authors have found a similar benefit of dry-land strength and high-intensity training in WP, this is the first study, to our knowledge, involving in-water specific strength training in elite WP players. On the basis of the present findings, it is recommended that WP coaches implement in preseason both a dry-land and in-water specific strength and high-intensity training to enhance the performance of their players.*

13. Se necesitan más investigaciones para determinar con mayor precisión el efecto de programas de entrenamiento de fuerza en seco y en agua durante toda la temporada competitiva y para mostrar si los métodos de entrenamiento combinado de fuerza específica en seco y en agua son más eficientes que los entrenamientos de fuerza en seco o en agua por separado, para mejorar el rendimiento en jugadores de WP.

13. *Further investigations are required to determine more precisely the effect of dry-land and in-water specific strength training during the entire competitive season and to show if methods combining dry-land and in-water specific strength training are more efficient than dry-land*

or in-water specific strength training alone in increasing performance in WP players.

Estudio 4

14. Los resultados de la investigación sobre el desarrollo de la óptima metodología de entrenamiento para mejorar la fuerza y otras cualidades muy específicas para la práctica del WP (salto en agua, velocidad de nado, agilidad, y velocidad de lanzamiento) mostraron resultados contradictorios.

14. Research findings on the optimal training methodology to enhance strength and other qualities highly specific to WP performance (in-water boost, swim sprint, agility, and throwing performance) development have shown conflicting results.

15. Este estudio sugiere que si los programas de entrenamiento se diseñan e implementan correctamente, tanto de fuerza específica en agua como de fuerza y de potencia en seco (entrenamiento pliométrico), o en combinación, podrían proporcionar un estímulo de entrenamiento positivo para mejorar la fuerza máxima y en los aspectos clave del deporte.

15. This study suggest that if training programs are designed and implemented correctly, both in-water specific strength training and faster power oriented strength training alone (plyometric training), or in combination, could provide a positive training stimulus to enhance maximal strength and key sport performance measures.

16.El entrenamiento de fuerza y de potencia utilizado en el presente estudio demostró mejoras en el rendimiento, que pueden despertar el interés en los preparadores físicos y entrenadores que trabajan con jugadores profesionales de WP, ya que influye en variables del rendimiento en el WP como el salto específico en agua, la agilidad, la fuerza máxima y la velocidad de lanzamiento,

16. The performance improvements shown in this study are of great interest to strength and conditioning professionals and coaches who work with WP players because WP performance relies greatly on the specific in-water boots, swimming agility, maximal strength and throwing abilities that were all enhanced by the strength and power oriented training regimen utilized in the present study.

17.Se recomendaría a los preparadores físicos y entrenadores la incorporación de sesiones de entrenamiento de fuerza y de potencia en pretemporada, con el fin de mejorar la capacidad de rendimiento de sus jugadores.

17. Therefore it is recommended that strength and conditioning professionals and coaches who work with WP implement preseason strength and power oriented training session in order to enhance the performance capacity of their players.

18. Se necesitarían más investigaciones y estudios para adquirir una mayor comprensión sobre las diversas metodologías de entrenamiento que puedan mejorar el rendimiento en WP como tratamientos con más duración, diferentes ejercicios, diferentes habilidades de aceleración realizadas en varias distancias y el entrenamiento del tiempo de nado.

18. *Similar studies using larger treatments, different exercises, acceleration drills performed over various distances and targeted swim sprint training need further investigation to gain a greater understanding about the various training mythologies which can enhance WP performance.*
19. *Se necesitarían más estudios para entender más y mejor el período preparatorio dirigido a los impactos del desarrollo de la fuerza-potencia en el rendimiento del WP.*
19. *Additionally, further research is needed to understand how a more extensive preparatory period that targets strength–power development impacts WP performance.*

5. Consideraciones éticas

5. CONSIDERACIONES ÉTICAS

DOCUMENTO REDACTADO SOBRE CONSIDERACIONES ÉTICAS.

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL ESTUDIO Efectos de un entrenamiento específico de fuerza en el tren inferior de alta intensidad durante 16 semanas sobre la capacidad de salto, la fuerza máxima, la velocidad de lanzamiento y la velocidad de nado en un equipo profesional de waterpolo femenino.

D.
padre, madre o tutor/a de.....
con D.N.I.

DECLARO: Que he sido informado por D..... sobre las posibles consecuencias de la realización de un entrenamiento de fuerza en jugadores de waterpolo dos veces a la semana y los test físicos de potencia de salto, velocidad de nado en 20 m, velocidad de lanzamiento y fuerza máxima en el tren inferior, así como los riesgos potenciales y molestias que pudieran derivarse, a la vez que he podido realizar todas las preguntas que he considerado necesarias, siendo respondidas de manera comprensible para mí.

Se me ha informado de mi derecho a rechazar el tratamiento o revocar éste consentimiento.

Por lo tanto, CONSIENTO que la persona por la que actúo se someta al tratamiento indicado.

Si el caso de la persona por la que actúo puede ser de utilidad científica y para tal fin se publican artículos científicos, autorizo su publicación siempre y cuando se garantice el más absoluto respeto, intimidad y anonimato a la persona que tutelo.

Firma del padre, madre o tutor/a

Firma del responsable del estudio

En.....a.....de.....de 2014.

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL ESTUDIO Efectos de un entrenamiento específico de fuerza en el tren inferior y superior de alta intensidad durante 18 semanas sobre la capacidad de salto, la fuerza máxima, la velocidad de lanzamiento y la velocidad de nado en un equipo profesional de waterpolo masculino.

D.
padre, madre o tutor/a de.....
con D.N.I.

DECLARO: Que he sido informado por D..... sobre las posibles consecuencias de la realización de un entrenamiento de fuerza en jugadores de waterpolo dos veces a la semana y los test físicos de potencia de salto, velocidad de nado en 20 m, velocidad de lanzamiento y fuerza máxima en el tren superior e inferior, así como los riesgos potenciales y molestias que pudieran derivarse, a la vez que he podido realizar todas las preguntas que he considerado necesarias, siendo respondidas de manera comprensible para mí.

Se me ha informado de mi derecho a rechazar el tratamiento o revocar éste consentimiento.

Por lo tanto, CONSIENTO que la persona por la que actúo se someta al tratamiento indicado.

Si el caso de la persona por la que actúo puede ser de utilidad científica y para tal fin se publican artículos científicos, autorizo su publicación siempre y cuando se garantice el más absoluto respeto, intimidad y anonimato a la persona que tutelo.

Firma del padre, madre o tutor/a

Firma del responsable del estudio

En.....a.....de.....de 2014.

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL ESTUDIO Efectos de un entrenamiento de fuerza en seco versus agua en el rendimiento de jugadores de waterpolo masculino.

D.
padre, madre o tutor/a de.....
con D.N.I.

DECLARO: Que he sido informado por D..... sobre las posibles consecuencias de la realización de un entrenamiento de fuerza en jugadores de waterpolo tres veces a la semana y los test físicos de potencia de salto, velocidad de nado en 20 m, velocidad de lanzamiento, test de agilidad y fuerza máxima en el tren superior e inferior, así como los riesgos potenciales y molestias que pudieran derivarse, a la vez que he podido realizar todas las preguntas que he considerado necesarias, siendo respondidas de manera comprensible para mí.

Se me ha informado de mi derecho a rechazar el tratamiento o revocar éste consentimiento.

Por lo tanto, CONSIENTO que la persona por la que actúo se someta al tratamiento indicado.

Si el caso de la persona por la que actúo puede ser de utilidad científica y para tal fin se publican artículos científicos, autorizo su publicación siempre y cuando se garantice el más absoluto respeto, intimidad y anonimato a la persona que tutelo.

Firma del padre, madre o tutor/a

Firma del responsable del estudio

En.....a.....de.....de 2014.

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL ESTUDIO Efectos de un entrenamiento de fuerza en seco, en agua y combinado en el rendimiento de jugadores de waterpolo masculino.

D.
padre, madre o tutor/a de.....
con D.N.I.

DECLARO: Que he sido informado por D..... sobre las posibles consecuencias de la realización de un entrenamiento de fuerza en jugadores de waterpolo tres veces a la semana y los test físicos de potencia de salto, velocidad de nado en 20 m, velocidad de lanzamiento, test de agilidad y fuerza máxima en el tren superior e inferior, así como los riesgos potenciales y molestias que pudieran derivarse, a la vez que he podido realizar todas las preguntas que he considerado necesarias, siendo respondidas de manera comprensible para mí.

Se me ha informado de mi derecho a rechazar el tratamiento o revocar éste consentimiento.

Por lo tanto, CONSIENTO que la persona por la que actúo se someta al tratamiento indicado.

Si el caso de la persona por la que actúo puede ser de utilidad científica y para tal fin se publican artículos científicos, autorizo su publicación siempre y cuando se garantice el más absoluto respeto, intimidad y anonimato a la persona que tutelo.

Firma del padre, madre o tutor/a

Firma del responsable del estudio

En.....a.....de.....de 2014.

Anexos I y II

Congresos y Publicaciones

EFFECTS OF 18-WEEKS IN-SEASON HEAVY RESISTANCE AND HIGH-INTENSITY TRAINING ON THROWING VELOCITY, STRENGTH, JUMPING AND MAXIMAL SPRINT SWIM PERFORMANCE OF ELITE FEMALE WATER POLO PLAYERS

Faculty of Sport, University Pablo de Olavide, Seville, Spain

RAMOS VELIZ R

SAÉZ-SAÉZ DE VILLAREAL E.

REQUENA SÁNCHEZ B.

INTRODUCTION

Until 2000, women's water polo (WP) was not an Olympic event, and information on the physical characteristics and the physiological demands of elite female WP players was limited. Like many team sports, WP requires a mixture of endurance, strength, speed and power. WP is a sport that places high physiological demands on players because of the aquatic environment, the intermittent nature of the sport (Mujika et al., 2008), and the fact that players are rarely inactive during the game. Being a full-contact aquatic sport, competitive performance in WP depends not only on strength, but also on the ability to exert force at the speed required by this discipline. In addition to technical and tactical skills it has been argued that muscular strength and power are the most important factors that give a clear advantage in elite competitions (Smith 1998). Nevertheless, to the authors' knowledge no study has been focused on the analysis of a specific strength and power training program implemented in-season in order to enhance the performance of elite female WP players.

METHODS

This study was designed to assess the effects of 18-weeks of bi-weekly (30-sessions) lower body strength and high-intensity training in-season on muscular strength performance of elite female WP players. To achieve this, participants were randomly allocated to undergo an additional program of strength and high-intensity training or only receive usual in-water training. All tests were carried out before and after the training period. These included anthropometric measures; vertical countermovement jump performance (CMJ); maximal strength measured as 1RM during a full back squat (FS); throwing velocity (ThV) and 20-m maximal sprint swim performance (MSS). After the initial measurements, a team of experienced players (n=21) was randomly allocated to either the control (standard in-season regimen) (C; n=10) or experimental group which received the additional strength and high-intensity training (LBS; n=11). During each training session, the participants were instructed in proper execution of all the exercises and all sessions were supervised. The participants undertook the strength and high-intensity exercises in a weight training facility and the WP training in a swimming pool.



Table 1. Training program for the Lower Body Strength (LBS) group.

Weeks	1	2	3	4	5	6	7	8
Sessions/Exercise	S1-S2	S3-S4	S5-S6	S7-S8	S9-S10	S11-S12	S13-S14	S15-S16
Full Squat	3X6 (1m/s ²)	3X6 (1m/s ²)	3X6 (1m/s ²)	3X6 (0.8 m/s ²)	3X6 (0.8 m/s ²)	3X6 (0.8 m/s ²)	3X6 (0.7 m/s ²)	3X6 (0.7 m/s ²)
Split	3X6 (1m/s ²)	3X6 (1m/s ²)	3X6 (1m/s ²)	3X6 (0.8 m/s ²)	3X6 (0.8 m/s ²)	3X6 (0.8 m/s ²)	3X6 (0.7 m/s ²)	3X6 (0.7 m/s ²)
CMJ loaded	3X4 (1m/s ²)	3X4 (1m/s ²)	3X4 (1m/s ²)	3X3 (0.8 m/s ²)	3X3 (0.8 m/s ²)	3X3 (0.8 m/s ²)	3X3 (0.7 m/s ²)	3X3 (0.7 m/s ²)
CMJ	3X5	3X5	3X5	3X5	4X5	4X5	4X5	4X5
Abx Exercises	4X20	4X20	4X20	5X20	5X20	5X20	6X20	6X20
Weeks	9	10	11	12	13	14	15	16
Sessions/Exercise	S17-S20	S21-S22	S23-S24	S25-S26	S27-S28	S29-S30	S31-S32	S33-S34
Full Squat	4X6 (1m/s ²)	4X6 (1m/s ²)	4X6 (1m/s ²)	4X6 (0.8 m/s ²)	4X6 (0.8 m/s ²)	4X6 (0.8 m/s ²)	4X6 (0.7 m/s ²)	4X6 (0.7 m/s ²)
Split	4X6 (1m/s ²)	4X6 (1m/s ²)	4X6 (1m/s ²)	4X6 (0.8 m/s ²)	4X6 (0.8 m/s ²)	4X6 (0.8 m/s ²)	4X6 (0.7 m/s ²)	4X6 (0.7 m/s ²)
CMJ loaded	3X4 (1m/s ²)	3X4 (1m/s ²)	3X4 (1m/s ²)	3X3 (0.8 m/s ²)	3X3 (0.8 m/s ²)	3X3 (0.8 m/s ²)	3X3 (0.7 m/s ²)	3X3 (0.7 m/s ²)
CMJ	5X5	5X5	5X5	6X5	6X5	6X5	6X5	6X5
Abx Exercises	6X20	6X20	6X20	7X20	7X20	7X20	8X20	8X20

S²= session, sec and m/s². Velocity of displacement of the bar during concentric phase of the full squat and split (100/ 60% 1RM); (0.8 m/s²)= 60%; (0.7 m/s²)= 50%; (0.7 m/s²)= 40%; Full Squat: Isometric squat to a knee angle 90°, followed without pause by a concentric leg extension (as fast as possible) according to Full extension; CMJ= countermovement jump

RESULTS AND DISCUSSION

Pre-training results showed no meaningful differences between the groups in any of the variables tested. After sixteen weeks no meaningful improvement was found in any of the variables measured in the C group, however, meaningful improvement was found in the LBS group: CMJ (2.48 cm, 8.66%, Effect Size (ES)=0.85), FS (12.78 kg, 25.11%, ES=2.41), ThV (3.55 km/h, 6.73%, ES=3.22)

Table 2. CMJ (cm), Peak Power (W), Full Squat (kg), Relative Full Squat (kg²), Throwing velocity (km/h) and 20-m swim sprint (sec) test performance of the Lower Body Strength (LBS) and control (C) groups before and after 18-week in-season training. Values are reported as mean ± SD.

	LOWER BODY STRENGTH GROUP (LBS) (n = 11)				CONTROL GROUP (C) (n = 10)			
	PRE	POST	% OF CHANGE	ES	PRE	POST	% OF CHANGE	ES
CMJ (cm)	28.63 ± 2.9 *	31.11 ± 2.8	8.66	0.85	27.85 ± 2.4	28.51 ± 2.1	2.02	0.26
Peak Power (W)	2817.3 ± 445.7 *	2967.7 ± 461.8	5.33	0.33	2899.2 ± 751.8	2928.5 ± 755.9	1.33	0.03
Full Squat (kg)	90.88 ± 5.3 *	93.86 ± 5.6	25.11	2.41	88.87 ± 4.3	90.59 ± 4.5	13.52	0.83
Relative Full Squat (kg ²)	0.73 ± 0.19 *	0.92 ± 0.18	25.37	1	0.89 ± 0.12	0.94 ± 0.15	12.78	0.5
Throwing Vel. (km/h)	51.13 ± 1.0 *	54.55 ± 1.1	6.73	3.33	48.00 ± 1.92	49.87 ± 2.1	2.69	0.97
20-m Swm Sprint (sec)	17.91 ± 0.2	17.99 ± 0.3	-0.46	-0.28	15.22 ± 0.45	15.32 ± 0.4	-0.71	0.22

* Significant difference between pre and post training values (p < 0.05).

Δ Significant difference between experimental and control group (p < 0.05).



CONCLUSIONS

Previous authors have found a similar benefit of strength and power oriented training in other sports (McCluskey et al., 2010), but this is the first study involving elite female WP players.

A combined training program (FS, split and loaded and unloaded jump exercises) will result in significant improvements in maximal strength (FS) CMJ, WP ball ThV, over and above that achieved through in-water training alone (i.e., using WP training approaches) in elite female WP players.

This study also emphasizes the importance of high levels of strength-power to support high-intensity defensive (e.g., blocking and stealing) and offensive (e.g., passing and shooting) and non-swimming activities (e.g., wrestling) game actions.

The benefits from the strength and high-intensity training can be realized from only two short training sessions per week in season.

REFERENCES

- References Mujika I, McCadden G (2006) Int J Sports Phys Perform 1: 27–39.
- Smith HK (1998) Sports Med 1998; 20: 317–334.
- McCluskey L, Lynskey S (2010) J Sci Med Sport 13: 236–240.



EFFECTS OF 18-WEEKS IN-SEASON HEAVY RESISTANCE AND HIGH-INTENSITY TRAINING ON THROWING VELOCITY, STRENGTH, JUMPING AND MAXIMAL SPRINT SWIM PERFORMANCE OF ELITE MALE WATER POLO PLAYERS

Faculty of Sport, University Pablo de Olavide, Seville, Spain

RAMOS VELIZ R

SAÉZ-SAÉZ DE VILLAREAL E.

REQUENA SÁNCHEZ B.

INTRODUCTION

Water polo (WP) is a sport that places high strength and high-intensity as well as endurance demands on the athlete as it is a high-intensity intermittent sport, with a predominance of sprint swimming and wrestling. The importance of non-swimming activities (e.g., throwing, passing, and wrestling) which account for around 69% of playing time has been previously highlighted (D'Auria 2008; Smith 1998). Competitive performance in WP depends not only on speed, but also on the ability to exert force at the speed required by this discipline. In addition to technical and tactical skills it has been argued that muscular strength and power are the most important factors that give a clear advantage in elite competitions (Smith 1998). Appropriate anthropometric characteristics and WP throwing ability are also important to success. Despite the increase in professionalization of this sport, there is a paucity of research on the performance characteristics of elite players, and little data is available for WP players over an entire season. Because of the increased demands of technical training and competition, in-season strength and conditioning could be proposed to maintain adequate levels of strength and power over the playing season. Although WP playing in itself can enhance many of these factors, elite competitors must engage in additional WP specific conditioning, including exercises to develop high-intensity intermittent anaerobic effort, speed, change of direction, strength, and power. Research on WP has focused mainly on the physiological profiles and swimming capabilities of elite athletes. Nevertheless, in the last decade, technical and tactical aspects of matches have also been investigated, even considering potential differences between competition levels. Nevertheless, no study has focused on the analysis of a specific strength and high-intensity training program implemented in-season to enhance the performance of elite WP players.



METHODS

This study was designed to assess the effects of 18 weeks of bi-weekly (36 sessions) strength and high-intensity training in-season on muscular strength and other qualities critical to WP performance of elite players. To achieve this, participants were randomly allocated to undergo an additional program of strength and high-intensity training or only receive usual in-water training. All tests were carried out before (baseline-test) and after the training period (post-test). These included (a) anthropometric measures; (b) vertical countermovement jump performance (CMJ); (c) maximal strength (1RM) (kg) (bench press and full squat); (d) throwing velocity and (e) 20-m maximal sprint swim performance. After the initial measurements, a team of experienced players (n=27) was randomly allocated to either the control (standard in-season regimen) (C; n=11) or experimental group which received the additional strength and high-intensity training (S; n=16).

Table 1. Training program for the experimental group.

Weeks	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Session/Exercises	S1-S2	S3-S4	S5-S6	S7-S8	S9-S10	S11-S12	S13-S14	S15-S16	S17-S18
Bench Press	3X6 (1m/s ²)	3X6 (1m/s ²)	3X6 (1m/s ²)	3X6 (0.8 m/s ²)	3X6 (0.8 m/s ²)	3X6 (0.8 m/s ²)	3X6 (0.7 m/s ²)	3X6 (0.7 m/s ²)	3X6 (0.7 m/s ²)
Full Squat	3X6 (1m/s ²)	3X6 (1m/s ²)	3X6 (1m/s ²)	3X6 (0.8 m/s ²)	3X6 (0.8 m/s ²)	3X6 (0.8 m/s ²)	3X6 (0.7 m/s ²)	3X6 (0.7 m/s ²)	3X6 (0.7 m/s ²)
Military Press	3X8X8kg	3X8X8kg	3X8X8kg	3x8x10kg	3x8x10kg	3x8x10kg	3x10x10kg	3x10x10kg	3x10x10kg
Pull-Ups	3x4	3x4	3x4	3x6	3x6	3x6	3x8	3x8	3x8
CMJ loaded	3X4 (1m/s ²)	3X4 (1m/s ²)	3X4 (1m/s ²)	3X5 (0.8 m/s ²)	3X5 (0.8 m/s ²)	3X5 (0.8 m/s ²)	3X5 (0.7 m/s ²)	3X5 (0.7 m/s ²)	3X5 (0.7 m/s ²)
CMJ	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5
Abs Exercises	4X20	4X20	4X20	5X20	5X20	5X20	6X20	6X20	6X20
Weeks	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Session/Exercises	S19-S20	S21-S22	S23-S24	S25-S26	S27-S28	S29-S30	S31-S32	S33-S34	S35-S36
Bench Press	4X6 (1m/s ²)	4X6 (1m/s ²)	4X6 (1m/s ²)	4X6 (0.8 m/s ²)	4X6 (0.8 m/s ²)	4X6 (0.8 m/s ²)	4X6 (0.7 m/s ²)	4X6 (0.7 m/s ²)	4X6 (0.7 m/s ²)
Full Squat	4X6 (1m/s ²)	4X6 (1m/s ²)	4X6 (1m/s ²)	4X6 (0.8 m/s ²)	4X6 (0.8 m/s ²)	4X6 (0.8 m/s ²)	4X6 (0.7 m/s ²)	4X6 (0.7 m/s ²)	4X6 (0.7 m/s ²)
Military Press	4X8X8kg	4X8X8kg	4X8X8kg	4x8x10kg	4x8x10kg	4x8x10kg	4x10x10kg	4x10x10kg	4x10x10kg
Pull-Ups	4x6	4x6	4x6	4x6	4x6	4x6	4x8	4x8	4x8
CMJ loaded	3X4 (1m/s ²)	3X4 (1m/s ²)	3X4 (1m/s ²)	3X5 (0.8 m/s ²)	3X5 (0.8 m/s ²)	3X5 (0.8 m/s ²)	3X5 (0.7 m/s ²)	3X5 (0.7 m/s ²)	3X5 (0.7 m/s ²)
CMJ	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5	3X5
Abs Exercises	6X20	6X20	6X20	7X20	7X20	7X20	8X20	8X20	8X20

S²= session, sets and rep, (m/s²): Velocity of displacement of the bar during concentric phase of the Full-squat and Bench press (0m/s² - 60% 1RM); (0.9 m/s² - 67%); (0.8 m/s² - 74%); (0.7 m/s² - 80%); (0.6 m/s² - 86%); Full-Squat: Eccentric squat to a knee angle 60°, followed without pause by a concentric leg extension (as fast as possible) returning to full extension; CMJ: countermovement jump

RESULTS AND DISCUSSION

Baseline-training results showed no significant differences between the groups in any of the variables tested. No improvement was found in the control group; however, meaningful improvement was found in all variables in the experimental group: CMJ (2.38 cm, 6.9%, effect size [ES] = 0.48), BP (9.06 kg, 10.53%, ES = 0.66), FS (11.06 kg, 14.21%, ES = 0.67), throwing velocity (1.76 km/h², 2.76%, ES = 0.25), and 20-m maximal sprint swim (-20.26 seconds, 2.25%, ES = 0.29). Discussion Specific resistance and high intensity training in-season enhances the strength output of both upper and lower-body, whether assessed by jumping (6.90%) or swim sprinting (2.25%), 1 RM-BP (10.53%) and FS (14.21%) test, or throwing velocity (2.76%).

Table 2. CMJ (cm), Bench press (kg), Full-squat (kg), Throwing velocity (km/h) and 20-m swim sprint (sec) test performance of S and C groups before and after 18-week in-season training. Values are reported as mean ± SD.

	EXPERIMENTAL GROUP (S)				CONTROL GROUP (C)			
	BASELINE	POST	CHANGE	ES	BASELINE	POST	CHANGE	ES
CMJ (cm)	34.48 ± 4.8	36.86 ± 4.9 ^a	6.9	0.48	32.38 ± 6.5	33.19 ± 5.9	2.50	0
Bench Press (kg)	86.06 ± 13.6	95.12 ± 15.5 ^a	10.53	0.66	80.36 ± 10.2	83.36 ± 11.3	4.96	0
Full Squat (kg)	77.81 ± 16.3	88.87 ± 16.5 ^a	14.21	0.67	73.09 ± 12.5	75.27 ± 12.6	3.45	0
Throwing Vel. (km/h)	64 ± 6.7	65.76 ± 7.3 ^a	2.76	0.25	63.18 ± 3.9	63.36 ± 3.5	0.45	0
20-m Swim Sprint (sec)	11.51 ± 0.6	11.25 ± 0.6 ^a	2.25	0.29	12.22 ± 0.9	12.30 ± 0.9	-0.64	-4

^a Significant differences between baseline and post-training values ($p < 0.05$).

^b Significant differences between experimental and control group ($p < 0.05$).

CONCLUSIONS

We have clearly demonstrated that elite male WP players can enhance muscle strength by undertaking an 18 week in-season program of strength and high-intensity oriented training involving exercises for both the upper and the lower-body (bench-press, full-squat, pull-ups and loaded and unloaded jump exercises).

Moreover, there is no apparent interference between the development of force and maximal sprint swim performance and WP ball throwing velocity. Rather, these sport specific performance qualities were enhanced considerably by the strength and high-intensity training, over and above that achieved through in-water training. It has proven quite easy and practical to add the proposed regimen to the traditional in-season technical and tactical training regimen.

The performance improvements shown in the present study are of great interest for WP coaches, because the performance of this sport relies greatly on the specific in-water vertical jump, maximal sprint swim and throwing abilities that were enhanced by the strength and high-intensity oriented training regimen.

Previous authors have found a similar benefit of strength and high-intensity training in other sports, but this is the first study to our knowledge involving elite WP players. It is recommended that WP coaches implement in-season strength and high-intensity training to enhance the performance of their players.



REFERENCES

- D'Auria S, Gabbett T (2008). Int J Sports Phys Perfor 3: 305-319.
- Smith HK (1998). Sports Med 26: 317-334.
- Bloomfield J, Blankstby B (1990). Aust J Sci Med Sport, 22: 63-70.
- McCluskey L, Lynskey S (2010). J Sci Med Sport 13: 236-240.



ENHANCING PERFORMANCE IN ELITE WATER POLO PLAYERS: DRY-LAND TRAINING, IN-WATER TRAINING, AND COMBINED TRAINING



Introduction:

The purpose of this study was to examine the effect of three different strength and power training methods characterized by their different velocity, displacement and the use of traditional versus ballistic techniques (loaded and body weight only) on strength and other qualities highly specific to WP performance (in-water vertical jump, swim sprint, agility, and throwing performance).

Rafael Ramos Veliz

Luis Suarez-Arrones
Bernardo Requena
Eduardo Sáez de Villarreal

**Faculty of Sport,
Pablo de Olavide University, Seville. Spain**

Design:

Thirty elite WP players were **randomly** assigned to three experimental groups.

Participants performed **strength and plyometric training** three days a week for a total of 6 weeks (18sessions).

WP training was conducted 5 days per week.

Methods:

10m-T-Agility Test | 20-m maximal sprint swim | Maximal dynamic strength (1RM, bench press (BP) and full squat (FS) | In-water vertical jump | Countermovement jump (CMJ) | Throwing velocity (ThV).

Treatment:

(I)

	PLYOMETRIC TRAINING					
CMJ loaded	3x10x10kg	3x10x10kg	3x10x15kg	3x10x15kg	3x10x20kg	3x10x20kg
CMJ	3X15	3X15	3X20	3X20	3X25	3X25
Abs Exercises						
Dynamic/Isometric	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"
Burpees	3x Max	3x Max	3x Max	3x Max	4x Max	4x Max
Pull-Ups + Jump	3x Max	3x Max	3x Max	3x Max	4x Max	4x Max
MB Single Arm Throw	3x10x3kg	3x10x3kg	4x10x3kg	4x10x3kg	4x15x3kg	4x15x3kg
MB Wall Throw	3x10x5kg	3x10x5kg	4x10x5kg	4x10x5kg	4x15x5kg	4x15x5kg
MB Over the Back Toss	3x10x5kg	3x10x5kg	4x10x5kg	4x10x5kg	4x15x5kg	4x15x5kg

Treatment:

(II)

	IN-WATER STRENGTH TRAINING					
Back-Eggbeater Kick with Resistance Band	5X20"	5X20"	5X40"	5X40"	5X60"	5X60"
Frontal-Eggbeater Kick with Resistance Band	5X20"	5X20"	5X40"	5X40"	5X60"	5X60"
Back-Swim with Resistance Band	5X10"	5X10"	5X20"	5X20"	5X30"	5X30"
Frontal-Swim with Resistance Band	5X10"	5X10"	5X20"	5X20"	5X30"	5X30"
MB Single Arm Throw	3x10x3kg	3x10x3kg	4x10x3kg	4x10x3kg	4x15x3kg	4x15x3kg
MB Wall Throw	3x10x5kg	3x10x5kg	4x10x5kg	4x10x5kg	4x15x5kg	4x15x5kg
MB Over the Back Toss	3x10x5kg	3x10x5kg	4x10x5kg	4x10x5kg	4x15x5kg	4x15x5kg
Lateral Jumps	4X9	4X9	4X12	4X12	4X15	4X15
Lateral Jumps Post to Post in the Goal	4X9	4X9	4X12	4X12	4X15	4X15
Vertical Jumps with MB	4x5x5kg+ sprint 5m	4x5x5kg+ sprint 5m	4x7x5kg+ sprint 5m	4x7x5kg+ sprint 5m	4x10x5kg+ sprint 5m	4x15x5kg+ sprint 5m

(III)

	DRY-LAND STRENGTH TRAINING					
Bench Press	3x15 60%	3x15 60%	3x12 70%	3x12 70%	4x10 80%	4x10 80%
Full Squat	3x15 60%	3x15 60%	3x12 70%	3x12 70%	4x10 80%	4x10 80%
Pull-Ups	3x Max	3x Max	3x Max	3x Max	4x Max	4x Max
Military Press	3x10 40%	3x10 40%	3x12 50%	3x12 50%	4x10 60%	4x10 60%
Split Squat	3x10 20%	3x10 20%	4x10 25%	4x10 25%	3x15 30%	3x15 30%
CMJ loaded	3x10x10kg	3x10x10kg	3x10x15kg	3x10x15kg	3x10x20kg	3x10x20kg
Power Clean	3x10x20%BW	3x10x20%BW	4x10x40%BW	4x10x40%BW	3x15x60%BW	3x15x60%BW
CMJ	3X15	3X15	3X20	3X20	3X25	3X25
Abs Exercises						
Dynamic/Isometric	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"	5x25 rep/5x30"
Medicine Ball	3x10x5kg	3x10x5kg	4x10x5kg	4x10x5kg	4x15x5kg	4x15x5kg

Results:

	COMBINED GROUP (CG)				IN-WATER STRENGTH GROUP (WSG)				PLYOMETRIC GROUP (PG)			
	PRE	POST	% OF CHANGE	ES	PRE	POST	% OF CHANGE	ES	PRE	POST	% OF CHANGE	ES
CMJ (cm)	38.56 ± 4.04	39.87 ± 4.25	3.39	0.32	39.12 ± 3.07	40.23 ± 4.21	2.83	0.36	39.34 ± 3.15	41.77 ± 4.12 ^a	6.17	0.77
In-Water Jump (cm)	53.57 ± 5.87	55.93 ± 6.58 ^a	4.40	0.40	51.60 ± 6.65	54.23 ± 5.67 ^a	5.10	0.40	51.70 ± 7.06	53.33 ± 5.80	3.16	0.23
1 RM Bench Press (kg)	72.70 ± 12.89	81.90 ± 13.37 ^{ab}	12.65	0.71	73.40 ± 10.47	76.90 ± 11.70	4.77	0.33	69.30 ± 13.63	74.60 ± 12.70 ^a	7.67	0.39
1 RM Full Squat (kg)	88.05 ± 13.70	100.5 ± 16.05 ^a	14.20	0.91	89.20 ± 15.18	99.50 ± 18.01 ^a	11.55	0.68	83.60 ± 14.71	95.80 ± 18.84 ^a	14.59	0.83
Throwing Velocity (km/h)	52.02 ± 5.87	61.16 ± 5.29 ^{ab}	17.57	1.55	52.74 ± 5.20	59.49 ± 4.13 ^a	12.80	1.29	51.18 ± 6.05	57.03 ± 5.01 ^a	11.43	0.96
Agility (sec)	9.82 ± 0.88	9.10 ± 0.82 ^{ab}	7.37	0.81	9.82 ± 0.98	9.44 ± 0.75	3.90	0.39	9.86 ± 0.76	9.55 ± 0.77	3.15	0.41
20-m Swim Sprint (sec)	12.20 ± 0.95	12.03 ± 0.88	1.36	0.13	12.28 ± 0.94	12.24 ± 0.85	0.24	0.02	12.14 ± 0.96	12.06 ± 0.72	0.63	0.06

CMJ (cm), In-Water Jump (cm), 1 RM Bench press (kg), 1 RM Full-squat (kg), Throwing velocity (km/h), Agility (sec) and 20-m swim sprint (sec) test performance of the experimental groups before and after 6 week of training. Values are reported as mean ± SD.

^a Significant differences between pre-training and post-training values ($p < 0.05$).

^b Significant differences with the combined group (CG) ($p < 0.05$).

^c Significant differences with the plyometric group (PG) ($p < 0.05$).

Conclusions:

This study suggest that if training programs designed and implemented correctly, both in-water specific strength training and faster power oriented strength training alone (plyometric training), or in combination, would provide a positive training stimulus to enhance maximal strength and key sport performance measures

EFFECTS OF IN-COMPETITIVE SEASON POWER-ORIENTED AND HEAVY RESISTANCE LOWER-BODY TRAINING ON PERFORMANCE OF ELITE FEMALE WATER POLO PLAYERS

RAFAEL R. VELIZ,^{1,2} LUIS SUAREZ-ARRONES,^{1,2} BERNARDO REQUENA,^{1,2} G. GREGORY HAFF,³ JAVIER FEITO,⁴ AND EDUARDO SÁEZ DE VILLARREAL^{1,2}

¹Department of Sport Performance, Faculty of Sport, University Pablo de Olavide, Seville, Spain; ²MasterdeFutbol. University Pablo de Olavide, Seville, Spain; ³Center for Exercise and Sport Science Research, Edith Cowan University, Joondalup, Australia; and ⁴Department of Public Law, University of Oviedo, Oviedo, Spain

ABSTRACT

Ramos-Veliz, R, Suarez-Arrones, L, Requena, B, Haff, GG, Feito, J, and Sáez de Villarreal, E. Effects of in-competitive season power-oriented and heavy resistance lower-body training on performance of elite female water polo players. *J Strength Cond Res* 29(2): 458–465, 2015—We examined the effect of 16 weeks of lower-body resistance and power-oriented training on key performance measures of elite female water polo players. Twenty-one players were randomly assigned to 2 groups: control group (C) who did in-water training only and a lower body strength (LBS) group, who performed resistance (full squat and split squat) and jump and power-oriented lower-body training (countermovement jump [CMJ] loaded and CMJ) sessions (twice per week) in addition to the same in-water training. In-water training was conducted 5 days per week for a total of 16 weeks. Twenty-meter maximal sprint swim (MSS), lower-body strength during 1 repetition maximum (1RM) full squat (FS), in-water boost and CMJ, and Throwing speed (ThS) were measured before and after the training. Pretraining results showed no statistically significant differences between the groups in any of the variables tested. After 16 weeks, no statistically significant improvement was found in any of the variables measured in the C group, however, significant improvement was found in the LBS group: in-water boost (4.6 cm, 12.02%, effect size [ES] = 1.02), CMJ (2.4 cm, 8.66%, ES = 0.85), FS (12.7 kg, 20.99%, ES = 2.41), and ThS (3.4 km·h⁻¹, 6.86%, ES = 3.44). Lower-body resistance and power-oriented training in female water polo players for 16 weeks produced significant improvements in performance qualities highly specific to water polo performance. Therefore, we propose modifications to

current training methodology for female water polo players to include resistance and power-oriented training during the competitive season in this sport.

KEY WORDS weight training, throwing speed, maximal sprint swim, in-water boost, CMJ, full-squat

INTRODUCTION

Until 2000, women's water polo was not an Olympic event, and information on the physical characteristics and the physiological demands of elite female water polo players was limited.

Like many team sports, water polo requires a mixture of endurance, strength, speed, and power. Water polo is a sport that places high physiological demands on players because of the aquatic environment and the intermittent nature of the sport (16,22). Being a full-contact aquatic sport, competitive performance in water polo depends not only on strength but also on the ability to exert power required by this discipline. In addition to technical and tactical skills, muscular strength and power are thought to be important factors underlying water polo performance (22).

Using strength and conditioning methodologies that target the improvement of power and strength performance is beneficial for increasing water polo player performance and is considered to be a critically important determinant of success in WP. Although water polo playing in itself can enhance many of these factors, elite competitors must engage in additional water polo-specific conditioning, including exercises to develop high-intensity intermittent anaerobic effort, speed, change of direction, strength, and power. There is general consensus among sport coaches and scientists that the main determinants of ball velocity during throwing in water polo are technique, the timing of movement in consecutive body segments, upper- and lower-limb strength, trunk strength, and vertical jumping ability (9,15). Each of these factors can be improved by appropriate

Address correspondence to Eduardo Sáez de Villarreal, esaesae@upo.es.
29(2)/458–465

Journal of Strength and Conditioning Research
© 2015 National Strength and Conditioning Association

training, particularly resistance exercise programs. Chelly et al. (5) previously highlighted the contribution of the lower limbs to throwing ability, underlining that coaches should include strength and power programs not only for the shoulders and arms but also for the lower limbs. Bi-weekly training of this type seems sufficient to induce substantial gains not only in peak power output and dynamic strength but also in throwing speed (12).

Several studies have provided information on the physiological and fitness characteristics of male water polo players (17,18,26), but little data on female players have been published (14,24,25). To the best of authors' knowledge, there have been no scientific reports describing the strength and power capabilities of female players. Despite the increase in professionalism of water polo, there is a paucity of research on the performance characteristics of elite female players, and little data are available on water polo players over the course of an entire season. Nevertheless, to the best of authors' knowledge, no study has been focused on the analysis of a specific strength and power training program implemented in-season to enhance the performance of elite female water polo players.

It is our hypothesis that elite female water polo players who supplement their normal in-season water polo training with a 16-week program of bi-weekly heavy resistance and power-oriented exercises for the lower body would enhance muscular strength and other factors critical to water polo performance (throwing speed, swim sprinting, and jumping abilities).

METHODS

Experimental Approach to the Problem

This study was designed to assess the effects of 16 weeks of bi-weekly (32 sessions) lower-body resistance training (full squat and split squat) and jump and power-oriented (countermovement jump [CMJ] loaded and CMJ) in-season on muscular strength performance of elite female water polo players. To achieve this, participants were randomly allocated to undergo an additional program of resistance and power-oriented training (twice per week) or only receive usual in-water training (5 days per week). All tests were performed before and after the training period. These included anthropometric measures: in-water boost performance, vertical countermovement jump (CMJ) performance, maximal strength measured as 1 repetition maximum (1RM) during a full squat (FS), Throwing speed (ThS), and 20-m maximal sprint swim performance (MSS). After the initial measurements, a team of experienced players ($n = 21$) was randomly allocated to either the control (standard in-season regimen) (C; $n = 10$) or experimental group that received the additional resistance and power-oriented training (lower-body strength [LBS]; $n = 11$). During each training session, the participants were instructed in proper execution of all the exercises and all sessions were supervised. The participants undertook the strength and power-oriented exercises in

a weight training facility and the water polo training in a swimming pool. Participants were also instructed to avoid any strenuous physical activity and to maintain their usual dietary habits for the duration of the study, but these were not assessed.

Subjects

The procedures were approved by the Institutional Ethics Review Committee (Pablo de Olavide University, Seville, Spain) in accordance with the current national and international laws and regulations governing the use of human subjects (Declaration of Helsinki II). Before participating in the study, the subjects were fully informed about the protocol, and a written informed consent was obtained from each subject. The subjects were free to withdraw from the study without penalty at any time. A questionnaire regarding medical history, age, height, body mass, training characteristics, injury history, team water polo experience, and performance level was completed before participation. An initial examination by the team physician focused on orthopedic and other conditions that might preclude resistance and power-oriented training, and all the participants were found to be in good health. Twenty-one Spanish first national division level female water polo players, from the same club (age, 26.4 ± 4.3 years; height, 172.3 ± 5.8 cm; body mass, 72.4 ± 8.5 kg; body fat, $19.5 \pm 3.2\%$; and water polo experience, 10.6 ± 4.1 years), were randomly divided into the LBS and C groups and well matched in terms of their initial characteristics.

Testing Procedures

The participants were habituated with the test procedures before the measurements were taken. In addition, several warm-up sets were recorded before the actual maximal and explosive tests. All the tests were conducted within a single day for each athlete and the time of testing for baseline and posttesting was held consistent for individual athletes. Before the tests, the participants performed a standardized warm-up consisting of 10-minute submaximal running at $9 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ followed by light stretching and a specific warm-up of vertical jump and FS with low loads (2 sets of 10 repetitions at 20% of body mass) as familiarization trials with the assessment exercises. Additionally, care was taken to allow sufficient rest between all the tests to limit the effects of fatigue on subsequent tests.

Anthropometry. Height was measured using a wall-mounted stadiometer (Seca222, NY, USA). Body mass was measured using a medical scale, and fat mass, fat-free mass, and percentage of body fat were estimated using bioimpedance (Tanita, BC-418 MA; Tanita Corporation, Tokyo, Japan).

In-Water Boost. In-water boost was assessed using a board with a centimeter scale attached to it and a video camera (50-Hz sampling frequency) placed 3 m away from the board. From the floating position, the players were required

TABLE 1. Training program for the lower-body strength group.*

Weeks Sessions/exercises	1 S1–S2	2 S3–S4	3 S5–S6	4 S7–S8	5 S9–S10	6 S11–S12	7 S13–S14	8 S15–S16
Full squat	3 × 6 (1 m·s ⁻¹)	3 × 6 (1 m·s ⁻¹)	3 × 6 (1 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)
Split squat	3 × 6 (1 m·s ⁻¹)	3 × 6 (1 m·s ⁻¹)	3 × 6 (1 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)
CMJ loaded	3 × 4 (1 m·s ⁻¹)	3 × 4 (1 m·s ⁻¹)	3 × 4 (1 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.7 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.7 m·s ⁻¹)
CMJ	3 × 5	3 × 5	3 × 5	3 × 5	4 × 5	4 × 5	4 × 5	4 × 5
Abdominal exercises: (oblique, rectus abdominus, transversus)	4 × 20	4 × 20	4 × 20	5 × 20	5 × 20	5 × 20	6 × 20	6 × 20
Weeks Sessions/ exercises	9 S17–S18	10 S19–S20	11 S21–S22	12 S23–S24	13 S25–S26	14 S27–S28	15 S29–S30	16 S31–S32
Full squat	4 × 6 (1 m·s ⁻¹)	4 × 6 (1 m·s ⁻¹)	4 × 6 (1 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)
Split squat	4 × 6 (1 m·s ⁻¹)	4 × 6 (1 m·s ⁻¹)	4 × 6 (1 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)
CMJ loaded	3 × 4 (1 m·s ⁻¹)	3 × 4 (1 m·s ⁻¹)	3 × 4 (1 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.7 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.7 m·s ⁻¹)
CMJ	5 × 5	5 × 5	5 × 5	5 × 5	6 × 5	6 × 5	6 × 5	6 × 5
Abdominal exercises	6 × 20	6 × 20	6 × 20	7 × 20	7 × 20	7 × 20	8 × 20	8 × 20

*S = session, sets and rep; (m·s⁻¹) = velocity of displacement of the bar during concentric phase of the full squat and split (1 m·s⁻¹ = 60% 1RM); (0.9 m·s⁻¹ = 67%); (0.8 m·s⁻¹ = 74%); (0.7 m·s⁻¹ = 80%); full squat = eccentric squat to a knee angle 60°, followed without pause by a concentric leg extension (as fast as possible) returning to full extension; CMJ = countermovement jump; 1RM = 1 repetition maximum.

TABLE 2. Typical training schedule for a week during the study.

Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
500-m warm-up	400-m warm-up	400-m warm-up	400-m warm-up	Preparation of the match	Match	Rest
5 × 2 min eggbeater kick with resistance band back and frontal	10 × 1 min eggbeater kick with resistance band back and frontal	Tactical exercises (superiority, counter-attack, small side games)	20 × 25 m freestyle	Superiority, counter-attack, small side game		
5 × 2 min swim with resistance band back and frontal	10 × 1 min swim with resistance band back and frontal	Friendly match				
5 × 100 m freestyle	5 × 200 m 4 styles		Technical exercises (passing, defensive movements, throwing)			
			Tactical exercises (superiority, counter-attack, small side games)			
5 × 50 m freestyle	5 × 100 m freestyle					
10 × 25 m freestyle	10 × 50 m freestyle					
Technical exercises (passing, defensive movements, throwing)	Technical exercises (passing, defensive movements, throwing)					
Tactical exercises (superiority, counter-attack, small side games)	Tactical exercises (superiority, counter-attack, small side games)					

to jump the highest that they could reach. The subsequent video analysis was performed by freezing the image at the highest point of hand contact on the board by the players. Three trials were completed with 2 minutes of rest between trials. The mean of the 3 values was used for the subsequent statistical analyses. In-water boost was assessed following the model proposed by Platanou (18).

Dry-Land Countermovement Jump. The CMJ test was performed using an infrared curtain system (Ergo-Jump, MuscleLabV718, Langesund, Porsgrunn, Norway) to measure flight and contact times. The jump height was determined from the flight time using standard calculation [$4.9 \times (0.5 \times \text{flight time})^2$] (21). Three trials were completed with 2 minutes of rest between trials. The mean of the 3 values was used for the subsequent statistical analyses.

Maximal Dynamic Strength One Repetition Maximum. For the lower body, maximal dynamic strength (1RM) was determined as the highest weight that could be lifted through the full range of motion of an FS with correct technique. The participants performed the FS from a fully extended position starting with shoulders in contact with the bar. On command, the participants performed a controlled eccentric squat to a knee angle of 60°, followed without pause by a concentric leg extension (as fast as possible) returning to full extension. The trunk was kept as straight as possible and a Certified Strength and Conditioning Specialist conducted this test and checked for correct technique. A safety belt was used by all the participants. The tests were performed in a squatting apparatus (Smith machine, Model Adan-Sport, Granada, Spain). Warm-up consisted of a set of 10 repetitions at loads of 40–60% of the perceived maximum. Thereafter, 5–6 separate single attempts were performed until the

TABLE 3. In-water vertical jump (in centimeters), CMJ (in centimeters), peak power (in Watts), full squat (in kilograms), relative full squat (per kilogram), Throwing speed (in $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$), and 20-m swim sprint (in seconds) test performance of the LBS and control (C) groups before and after 16-week in-season training.*†

	LBS group (n = 11)				Control group (C) (n = 10)			
	Pre	Post	% of change	ES	Pre	Post	% of change	ES
In-water jump (cm)	38.41 ± 4.52	43.02 ± 3.21‡§	12.02	1.02	37.22 ± 5.41	38.11 ± 2.92	2.39	0.16
CMJ (cm)	28.63 ± 2.93	31.11 ± 2.83‡§	8.66	0.85	27.85 ± 2.42	28.51 ± 2.11	2.36	0.27
Peak power (W)	2,877.33 ± 145.7	3,027.75 ± 161.86‡§	5.22	0.33	2,899.22 ± 151.81	2,928.50 ± 155.91	1.01	0.03
Full squat 1RM (kg)	60.88 ± 5.34	73.66 ± 5.67‡§	20.99	2.41	58.87 ± 4.33	60.50 ± 4.54	2.76	0.37
Relative full squat ($\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	0.73 ± 0.19	0.92 ± 0.18‡§	26.02	1.01	0.69 ± 0.12	0.72 ± 0.15	4.34	0.25
Throwing velocity ($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	50.11 ± 1.04	53.55 ± 1.11‡§	6.86	3.44	48.01 ± 2.52	49.17 ± 2.15	2.43	0.46
20-m swim sprint (s)	12.93 ± 0.32	12.76 ± 0.34	1.31	0.56	13.22 ± 0.45	13.32 ± 0.41	-0.75	0.22

*Values are reported as mean ± SD.

†LBS = lower-body strength; ES = effect size; CMJ = counter movement jump; 1RM = 1 repetition maximum.

‡Significant differences between pre- and posttraining values ($p \leq 0.05$).§Significant differences between experimental and control groups ($p \leq 0.05$).

subject was unable to extend the legs to the required position. The last acceptable lift with highest possible load was determined as 1RM. The rest period between trials was always 2 minutes.

Throwing Speed. Power production during a water polo over arm throw was evaluated in a swimming pool. For the throw, the subjects were instructed to use their preferred technique to throw a water polo ball as fast as possible through a standard goal. Throw tests were undertaken after a 15-minute standardized warm-up and using a women standard water polo ball (mass, 400 g; circumference, 0.65 m; Mikasa W6009c, Irvine, CA, USA). To simulate a typical water polo ball action, the players were allowed to put resin on their hands, and they were instructed to throw with maximal velocity toward the upper right corner of the goal from the penalty line (5 m far from the net). The coaches supervised this test closely to ensure that the required techniques were followed. Each subject continued until 3 correct throws had been recorded, up to a maximum of 3 sets of 3 consecutive throws. One to 2 minutes of rest was allowed between the sets of throws and 10–15 seconds between 2 throws of the same set. The Throwing speed was measured using Stalker-Sport-Radar (Plano, TX, USA). The radar device was positioned on a tripod behind the thrower (accurate to $\pm 0.1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$). The 2 extreme values of the trials were eliminated (best and worst), and the mean of the central values was used for the subsequent statistical analysis.

Maximal Sprint Swim. Maximal sprint swim times were recorded for a 20-m distance, in an indoor swimming pool of 25 m. The participants were positioned 1 m off the wall (upright position facing the far end of the pool), before they were signaled to start the sprint with a random sonorous sound. Infrared beams were stationed at the sprint start and end points (0 and 20 m) with time measured to the nearest 0.01 seconds using an electronic timing system (Muscle LabV718). The head of the athletes triggered the infrared timing beams. Before the test, the participants performed a standardized warm-up consisting of 5 minutes of sub-maximal swimming followed by some half speed sprints (2 sets of 15 m) as familiarization trials. Three trials were completed, with 5 minutes of rest between trials, and the shortest time was used for the subsequent statistical analysis.

Training Procedures

Resistance and power-oriented training took place 2 days a week (Monday and Wednesday) for the LBS group immediately before normal water polo training. The training was fully supervised and individualized for each participant based on their maximal strength with a printed schedule of volume, density, type of exercise, intensity of the training (number of sets and repetitions, rest intervals, and daily load), and velocity of displacement of the bar (mean

propulsive velocity). Each session lasted 30–45 minutes, 10 minutes of standard warm-up (5-minute running at 9 km stretching, and 2 submaximal exercises of jump [20 CMJ and 10 long jumps]), 30 minutes of specific resistance and power-oriented training, and 5 minutes of cool down including stretching exercises. The training program used by each group is outlined in Tables 1 and 2.

Statistical Analyses

Descriptive statistics (mean \pm SD) for the outcome measures were calculated. The intraclass correlation coefficient (ICC) was used to determine the reliability of the measurements. The training-related effects and the differences between groups were assessed using a mixed-design factorial analysis of variance with the contrast F of *Snedecor*. Effect sizes (ES) were also calculated using Cohen's *d* [(posttest mean – pretest mean)/pretest SD]. Statistical significance was accepted at an alpha level of $p \leq 0.05$. The scale used for interpretation was the one proposed by Rhea (19), which is specific to strength training research and the training status of the subjects to evaluate the relative magnitude of an ES. The magnitudes of the ES were considered either trivial (<0.35), small (0.35–0.80), moderate (0.80–1.50), or large (>1.5).

RESULTS

At baseline, no statistically significant differences between groups were observed in any of the anthropometric, strength, or sprint variables tested. After 16 weeks of training, no significant changes were observed in any of the anthropometric measures.

Height in Countermovement Jump and In-Water Boost

Statistically significant increases ($p \leq 0.02$) occurred in height of in-water boost (4.6 cm, 12.02%, ES = 1.02), in CMJ (2.4 cm; 8.66%; ES = 0.85), as well as peak power output (150.4 W; 5.22%; ES = 0.33) in the LBS group. Statistically significant differences were observed after training in the magnitude of the changes among the groups. The ICC was 0.89 (0.87–0.91) for in-water vertical jump and 0.92 (0.90–0.94) for CMJ.

Maximal Dynamic Strength (1 Repetition Maximum Full Squat)

Maximal dynamic strength and relative strength in the FS significantly increased ($p \leq 0.001$) in the LBS group ([12.7 kg; 20.99%; ES = 2.41] and [0.19 kg; 26.02%; ES = 1.01], respectively). Significant differences ($p \leq 0.05$) were observed after training in the magnitude of the increase between the LBS and C groups. The ICC for the strength tests was 0.91 (0.88–0.93).

WP Throwing Speed

Throwing speed significantly increased ($p \leq 0.03$) in the LBS group (3.4 km·h⁻¹; 6.86%; ES = 3.44). Significant differences ($p \leq 0.05$) were observed after training in the mag-

nitude of the changes among the groups. The ICC for repeat measurements of ThS was 0.90 (0.87–0.93).

Twenty-Meter Swim Sprint Time

Twenty-meter maximal sprint swim time (in seconds) reduced in the experimental group (–0.17 seconds; 1.31%; ES = 0.56). No statistically significant differences were observed after training in the magnitude of the increase between the LBS and C groups. The ICC was 0.91 (0.88–0.93) for repeat MSS tests (Table 3).

DISCUSSION

The primary goal of this study was to determine whether elite female water polo players could enhance muscle strength and power with an in-season program of resistance and power-oriented training targeting the lower body, and whether these gains could be realized without detriment to other aspects of performance specific to water polo such as jumping (in water and dry land), 20-m swim sprint, or ThS. To the best of authors' knowledge, this is the first study to describe improvements in performance in a group of professional female water polo players. The important finding in the study was that our results substantiate our hypothesis that resistance and power-oriented training conducted in-season enhances strength and power output of the lower body, whether assessed by jumping (dry land and in water), 1RM FS, or ThS.

Apart from swimming, water polo includes explosive movements like jumping. Vertical jump (boost) performance is a fundamental skill in water polo used to elevate one's body out of the water for the purpose of passing, shooting, and defending (20). The classical vertical jump test differs somewhat from water polo-specific vertical jumping (in-water vertical jump) (18), nevertheless, this study showed gains in both vertical jump heights (12.02 and 8.66%, moderate ES for in-water boost and CMJ, respectively). These results can be compared with results of other study (7) that showed an improvement of 15% in vertical jump height. Christou et al. (6) also found an improvement of 14.4% in the CMJ of soccer players after 8 weeks of strength training. However, we observed no significant improvements in in-water boost and CMJ height in the control group (pre-post). Movement of the feet (eggbeater kick) used in water polo involves the hip, knee, and ankle joints in the performance. With appropriate lower-body resistance and power-oriented training, players can generate upward forces due to lift throughout the kicking cycle improving the jumping performance. Thus, for water polo players to develop the ability to maintain high speeds of foot movement throughout the eggbeater kick cycle could help to improve vertical jumping ability in water (20).

The effects of a resistance-training strength performance in female athletes have been widely documented in the literature (3,4,10). For example, increases in maximal strength after dynamic, heavy-resistance training have been

found in elite female handball players (13). The effects of power-oriented training in combination with heavy resistance training seem effective in season as demonstrated by the current results. This contention is supported by work demonstrating similar results by Adams et al. (1). They found that subjects who underwent a combined plyometric and squat training program had significant increases in strength than did subjects who trained only with squats or plyometrics alone (1). Additionally, Fatouros et al. (8) found the combined effects of power and resistance training to increase not only jump performance but also leg strength. In agreement, we observed significant increases in FS (20.99%, large ES), showing that it is possible to increase maximal strength in elite female WP players in-competitive season. This is an important outcome as this study clearly demonstrates no detrimental effects of the additional training program and in fact performance enhancement. Such changes are likely to be considered a positive result on the playing ability of the team, because the increase in maximal lower-body strength and jumping ability should give the whole team an advantage to sustain the forceful muscle contractions required during some water polo game actions, such as hitting, blocking, pushing, holding, and jumping, in the water. In addition, the moderate relative training intensity (range, 60–80% 1RM FS) used in the training interventions and the emphasis on velocity during the exercises (FS, split squat, and CMJ loaded) in this study may provide a positive stimulus for improving adaptations (jump, boost, and throwing speed) during short-term training periods in female water polo players.

Throwing is an important skill in water polo, and high velocity in the overhead throw is an essential component of throwing for the purpose of scoring goals. The faster and more accurately the ball can be thrown at the goal, the less time defenders and goalkeepers have for parrying it. There are several studies of overarm WP throwing that have identified that several factors, including upper and lower limb and trunk strength, throwing technique, and vertical jumping ability to affect ThS (8,9,15). The results of our investigation concur with those studies showing that a combined strength and power-oriented program can significantly increase overhead ThS performance (6.86%, large ES) although exercises were confined to the lower body. The strength group training also included abdominal exercises. The outcome from these loads could quite presumably have resulted in improved upper-limb strength and trunk stabilization, which may have contributed to the improved throwing speed rather than improved lower-limb strength in the sagittal plane. However, power alone is unlikely to be sufficient in less-skilled players whose eggbeater kick is not as proficient. Knowledge of the game also suggests ability to elevate the body in the water would increase strategic options for players during competition by allowing players to shoot or throw the ball past opponents or to intercept or block the ball.

Water polo players frequently perform repeated bouts of maximal swimming and rapid changes in direction, most of which are very short duration efforts. Strength and speed are 2 major factors determining a swimmer's sprint performance (11,23). In fact, some studies have reported that muscular strength correlated significantly with swim velocity (2). However, the results of the current investigation did not show that a combined lower-body strength and power-oriented program which significantly increased lower-body strength and jumping ability significantly improve swim sprint performance (1.31%, small ES). To the best of our knowledge, no study has examined the associations between swimming performance and dynamic strength of the lower extremities in competitive female water polo players. The likely reason why swim velocity was not improved may have been because the participants did not train the upper body. Further explanation for lack of change in velocity in our study may be explained by either a low technical skills or lack of proper anaerobic conditioning in their swimming training program. It would have been useful to measure upper-body strength and power in these athletes to determine whether in fact these performance qualities decreased over the course of the season resulting reduced swim velocity.

PRACTICAL APPLICATIONS

These results demonstrate that elite female water polo players can enhance muscle strength and jumping ability by undertaking in-season strength and power-oriented training involving exercises for lower body (FS, split squat, and loaded and unloaded jump exercises). Moreover, there is no apparent interference between the development of strength and jumping ability and water polo ball ThS. This study also emphasizes the importance of high levels of strength to resolve high-intensity game actions. Such benefits can be realized from only 2 short resistance and power-oriented training sessions per week during competitive season. The performance improvements shown in this study are of great interest for water polo coaches and are directly applicable to female water polo players. Previous authors have found a similar benefit of strength and power-oriented training in other sports, but this is the first study to the best of our knowledge involving elite female water polo players. It is recommended that water polo coaches implement during competitive season resistance and power-oriented training to enhance the performance of their players. The outcomes may help coaches and sport scientists formulate better guidelines and recommendations for athlete assessment and selection, training prescription, and monitoring and preparation for competition.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to the elite water polo players of this study for having performed maximal efforts until volitional fatigue. The authors have no professional relation-

ships with companies or manufacturers that might benefit from the results of this study. There is no financial support for this project. No funds were received for this study from National Institutes of Health, Wellcome Trust, University, or others. The results of this study do not constitute endorsement of any product by the authors or the National Strength and Conditioning Association.

REFERENCES

- Adams, K, O'Shea, JP, O'Shea, KL, and Climstein, M. The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *J Appl Sport Sci Res* 6: 36–41, 1992.
- Aspenes, S, Kjendlie, PL, Hoff, J, and Helgerud, J. Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *J Sports Sci Med* 8: 357–365, 2009.
- Ben-Sira, D, Ayalon, A, and Tavi, M. The effect of different types of strength training on concentric strength in women. *J Strength Cond Res* 9: 143–148, 1995.
- Boyer, BT. A comparison of the effects of three strength training programs on women. *J Appl Sport Sci Res* 4: 88–94, 1990.
- Chelly, MS, Hermassi, S, and Shephard, RJ. Relationships between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing speed in male handball players. *J Strength Cond Res* 24: 1480–1487, 2010.
- Christou, M, Smilios, I, Sotiropoulos, K, Volaklis, K, Pilianidis, T, and Tokmakidis, SP. Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *J Strength Cond Res* 20: 783–791, 2006.
- Falk, B, Lidor, R, Lander, Y, and Lang, B. Talent identification and early development of elite water-polo players: A 2-year follow-up study. *J Sports Sci* 22: 347–355, 2004.
- Fatouros, IG, Jamurtas, AZ, Leontsini, D, Taxildaris, K, Aggelousis, N, Kostopoulos, N, and Buckenmeyer, P. Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *J Strength Cond Res* 14: 470–476, 2000.
- Ferragut, C, Abalde, JA, Vila, H, Rodriguez, N, Argudo, F, and Fernandes, R. Anthropometry and Throwing speed in elite water polo by specific playing positions. *J Hum Kin* 27: 31–44, 2011.
- Fry, AC, Kraemer, WJ, Weseman, CA, Conroy, BP, Gordon, SE, and Hoffman, JR. The effects of an off-season strength and conditioning program on starters and non-starters in women's intercollegiate volleyball. *J Appl Sport Sci Res* 5: 174–181, 1991.
- Girold, S, Maurin, D, Dugue, B, Chatard, JC, and Millet, G. Effects of dry-land vs. resisted- and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. *J Strength Cond Res* 21: 599–605, 2007.
- Hermassi, S, Chelly, MS, Fathloun, M, and Shephard, RJ. The effect of heavy- vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *J Strength Cond Res* 24: 2408–2418, 2010.
- Jensen, J, Jacobsen, ST, Hetland, S, and Tvelt, P. Effect of combined endurance, strength and sprint training on maximal oxygen uptake, isometric strength and sprint performance in female elite handball players during a season. *Int J Sports Med* 18: 354–358, 1997.
- Marrin, K and Bampouras, TM. *Anthropometric and Physiological Characteristics of Elite Female Water Polo Players*. In: X. Kinanthropometry, M. Marfell-Jones, and T. Olds, eds. Oxford, United Kingdom: Routledge, 2007. pp. 151–163.
- McCluskey, L, Lynskey, S, Kei Leung, C, Woodhouse, D, Briffa, K, and Hopper, D. Throwing speed and jump height in female water polo players: Performance predictors. *J Sci Med Sport* 13: 236–240, 2010.
- Mujika, I, McFadden, G, Hubbard, M, Royal, K, and Hahn, A. The water-polo intermittent shuttle test: A match fitness test for water-polo players. *Int J Sports Physiol Perform* 1: 27–39, 2006.
- Pavlik, G, Olexo, ZS, Osvath, P, Sido, Z, and Frenkl, R. Echocardiographic characteristics of male athletes of different age. *Br J Sports Med* 35: 95–99, 2001.
- Platanou, T. On-water and dryland vertical jump in water polo players. *J Sports Med Phys Fitness* 45: 26–31, 2005.
- Rhea, MR. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res* 18: 918–920, 2004.
- Sanders, RH. Analysis of the eggbeater kick used to maintain height in water polo. *J Appl Biomech* 15: 284–291, 1999.
- Sayers, SP, Harackiewicz, DV, Harman, EA, Frykman, PN, and Rosenstein, MT. Cross-validation of three jump power equations. *Med Sci Sports Exerc* 31: 572–577, 1999.
- Smith, HK. Applied physiology of water polo. *Sports Med* 26: 317–334, 1998.
- Stevens, HB, Brown, LE, Coburn, JW, and Spiering, BA. Effect of swim sprints on throwing accuracy and velocity in female collegiate water polo players. *J Strength Cond Res* 24: 1195–1198, 2010.
- Tan, F, Polglaze, T, and Dawson, B. Activity profiles and physical demands of elite women's water polo match play. *J Sports Sci* 27: 1095–1104, 2009.
- Tan, FHY, Polglaze, T, Dawson, B, and Cox, G. Anthropometric and fitness characteristics of elite Australian female water polo players. *J Strength Cond Res* 23: 1530–1536, 2009.
- Tsekouras, YE, Kavouras, SA, Campagna, A, Kotsis, YP, Syntosi, SS, Papazoglou, K, and Sidossis, LS. The anthropometrical and physiological characteristics of elite water polo players. *Eur J Appl Physiol* 95: 35–41, 2005.

EFFECTS OF 18-WEEK IN-SEASON HEAVY-RESISTANCE AND POWER TRAINING ON THROWING VELOCITY, STRENGTH, JUMPING, AND MAXIMAL SPRINT SWIM PERFORMANCE OF ELITE MALE WATER POLO PLAYERS

RAFAEL RAMOS VELIZ,¹ BERNARDO REQUENA,¹ LUIS SUAREZ-ARRONES,¹ ROBERT U. NEWTON,² AND EDUARDO SÁEZ DE VILLARREAL¹

¹Faculty of Sport, University Pablo de Olavide, Seville, Spain; and ²Center for Exercise and Sport Science Research, Edith Cowan University, Joondalup, Australia

ABSTRACT

Ramos Veliz, R, Requena, B, Suarez-Arrones, L, Newton, RU, and Sáez de Villarreal, E. Effects of 18-week in-season heavy-resistance and power training on throwing velocity, strength, jumping, and maximal sprint swim performance of elite male water polo players. *J Strength Cond Res* 28(4): 1007–1014, 2014—We examined the effects of 18 weeks of strength and high-intensity training on key sport performance measures of elite male water polo (WP) players. Twenty-seven players were randomly assigned to 2 groups, control (in-water training only) and strength group, (strength training sessions [twice per week] + in-water training). In-water training was conducted 5 d·wk⁻¹. Twenty-meter maximal sprint swim, maximal dynamic strength 1-repetition maximum (1RM) for upper bench press (BP) and lower full squat (FS) body, countermovement jump (CMJ), and throwing velocity were measured before and after the training. The training program included upper and lower body strength and high-intensity exercises (BP, FS, military press, pull-ups, CMJ loaded, and abs). Baseline-training results showed no significant differences between the groups in any of the variables tested. No improvement was found in the control group; however, meaningful improvement was found in all variables in the experimental group: CMJ (2.38 cm, 6.9%, effect size [ES] = 0.48), BP (9.06 kg, 10.53%, ES = 0.66), FS (11.06 kg, 14.21%, ES = 0.67), throwing velocity (1.76 km·h⁻¹, 2.76%, ES = 0.25), and 20-m maximal sprint swim (–0.26 seconds, 2.25%, ES = 0.29). Specific strength and high-intensity training in male WP players for 18 weeks produced a positive effect on performance qualities highly specific to WP. Therefore, we propose modifications to the current

training methodology for WP players to include strength and high-intensity training for athlete preparation in this sport.

KEY WORDS throw, CMJ, periodization

INTRODUCTION

Water polo (WP) is a sport that places high strength and high-intensity and endurance demands on the athlete because it is a high-intensity intermittent sport, with a predominance of sprint swimming and wrestling. The importance of nonswimming activities (e.g., throwing, passing, and wrestling), which account for around 69% of playing time, has been previously highlighted (10,35). Competitive performance in WP depends not only on strength but also on the ability to exert force at the speed required by this discipline. In addition to technical and tactical skills, it has been argued that muscular strength and power are the most important factors that give a clear advantage in elite competitions (10). Appropriate anthropometric characteristics and WP throwing ability are also important to success (13). Despite the increase in professionalization of this sport, there is a paucity of research on the performance characteristics of elite players, and little data are available for WP players over an entire season. Because of the increased demands of technical training and competition, in-season strength and conditioning could be proposed to maintain adequate levels of strength and power over the playing season. Although WP playing in itself can enhance many of these factors, elite competitors must engage in additional WP-specific conditioning, including exercises to develop high-intensity intermittent anaerobic effort, speed, change of direction, strength, and power.

Empirical information on training methods that increase throwing ability is also limited, and most of the research to date has been conducted in other sports such as baseball or handball (14,27). Sport coaches and scientists agree that the main determinants of throwing velocity are technique, the

Address correspondence to Eduardo Sáez de Villarreal, esaesae@upo.es.
28(4)/1007–1014

Journal of Strength and Conditioning Research
© 2014 National Strength and Conditioning Association

timing of movement in consecutive limb segments, and the strength and rate of force development of the upper and lower body (17). In WP, the authors reported that factors thought to influence the throwing velocity include upper and lower body and trunk strength, throwing technique, and vertical jumping ability (13,26). Each of these factors can be improved by appropriate training, particularly resistance exercises. General resistance training with exercises for the upper body with loads of 60–80% 1 repetition maximum (1RM) seems to influence throwing velocity positively (41). Chelly et al. (5) previously highlighted the contribution of the lower body to throwing ability, underlining that coaches should include strength and high-intensity programs not only for the shoulders and arms but also for the lower body. Biweekly training of this type seems sufficient to induce substantial gains not only in peak power output and dynamic strength but also in throwing velocity (21).

Research on WP has focused mainly on the physiological profiles (23,28,35,40) and swimming capabilities of elite athletes (11,30). Nevertheless, in the last decade, technical and tactical aspects of matches have also been investigated (23,24,36), even considering potential differences between competition levels. Nevertheless, no study has focused on the analysis of a specific strength and high-intensity training program implemented in-season to enhance the performance of elite WP players.

We thus hypothesized that elite WP players who supplemented their normal in-season WP training with an 18-week program of biweekly heavy-resistance and high intensity-oriented exercises for both lower and upper body would enhance their muscular strength and other qualities critical to WP performance (throwing velocity, swim sprinting, and jumping abilities).

METHODS

Experimental Approach to the Problem

This study was designed to assess the effects of 18 weeks of biweekly (36 sessions) strength and high-intensity training in-season on muscular strength and other qualities critical to WP performance of elite players. To achieve this, the participants were randomly allocated to undergo an additional program of strength and high-intensity training or only receive usual in-water training. All the tests were carried out before (baseline-test) and after the training period (posttest). These included (a) anthropometric measures, (b) vertical countermovement jump (CMJ) performance, (c) maximal strength (1RM; kilograms) (bench press [BP] and full squat [FS]), (d) throwing velocity, and (e) 20-m maximal sprint swim performance. After the initial measurements, a team of experienced players ($n = 27$) was randomly allocated to either the control (standard in-season regimen) (C; $n = 11$) or experimental group that received the additional strength and high-intensity training (S; $n = 16$). During each training session, the participants were instructed in proper execution of all the exercises and all sessions were supervised.

The participants undertook the strength and high-intensity exercises between 18.00 and 19.00 hours (in a weight training facility) and the WP training (in a swimming pool) from 21:00 to 23:00 hours. The participants were also instructed to avoid any strenuous physical activity and to maintain their usual dietary habits for the duration of the study.

Subjects

The procedures were approved by the Institutional Ethics Review Committee (Pablo de Olavide University, Seville, Spain) in accordance with the current national and international laws and regulations governing the use of human subjects (Declaration of Helsinki II). Before participating in the study, the subjects were fully informed about the protocol, and a written informed consent was obtained from each subject before testing as well as written informed consent from the parents/guardians of the 2 subjects under 18 years old. The subjects were free to withdraw from the study without penalty at any time. A questionnaire regarding medical history, age, height, body mass, training characteristics, injury history, team WP experience, and performance level was completed before participation. An initial examination by the team physician focused on orthopedic and other conditions that might preclude resistance and high-intensity training, and all the participants were found to be in good health. The subjects, 27 national-level male WP players (age 20.43 ± 5.09 years), height (180.33 ± 5.90 cm), body mass (81.43 ± 8.48 kg), body fat ($12.43 \pm 3.21\%$), mean WP experience 8.5 ± 4.1 years, were randomly divided into the S and C groups; these 2 groups were well matched in terms of their initial characteristics.

Testing Procedures

The participants were habituated with the test procedures before the measurements were taken. In addition, several warm-up sets were recorded before the actual maximal and explosive tests. All the tests were conducted within a single day for each athlete and the time of testing for baseline and post testing was held consistent for individual athletes. Before the tests, the participants carried out a standardized warm-up consisting of 10 minutes submaximal running at $9 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ followed by light stretching and a specific warm-up of vertical jump and FS with low loads (2 sets of 10 repetitions at 20% of body mass) as familiarization trials with the assessment exercises. Additionally, care was taken to allow sufficient rest between all the tests to limit the effects of fatigue on subsequent tests.

Anthropometry. Height was measured using a wall-mounted stadiometer (Seca222, New York, NY, USA). Body mass was measured using a medical scale, and fat mass, fat-free mass, and percentage of body fat were estimated using bioimpedance (Tanita, BC-418 MA, Tokyo, Japan).

Countermovement Jump. The CMJ test was performed using an infrared curtain system (Ergo-Jump, MuscleLabV718,

Langesund, Porsgrunn, Norway) to measure flight and contact times. The jump height was determined from the flight time using standard calculation. Five trials were completed with 1 minute of rest between trials. The 2 extreme values of the 5 trials were eliminated (best and worst), and the mean of the 3 central values was used for the subsequent statistical analysis.

Maximal Dynamic Strength One-Repetition Maximum. For the lower body, maximal dynamic strength (1RM) was determined as the highest weight that could be lifted through the full range of motion of an FS with correct technique. The participants performed the FS from a fully extended position starting with shoulders in contact with the bar. On command, the participants performed a controlled eccentric squat to a knee angle of 60°, followed without pause by a concentric leg extension (as fast as possible) returning to full extension. The trunk was kept as straight as possible and a Certified Strength and Conditioning Specialist conducted this test and checked for correct technique. A safety belt was used by all the participants. The tests were performed in a squatting apparatus (Smith machine, Model Adan-Sport, Granada, Spain). Velocity of displacement was determined using a squatting apparatus in which the barbell was attached at both ends, with linear bearings on 2 vertical bars allowing only vertical movements. Besides, bar displacement, peak, and mean velocity (meters per second) were recorded using a distance encoder attached to 1 end of the bar. The distance encoder recorded the position and the direction of the bar to an accuracy of 0.0003 m. A computer program (T-Force System, Ergotech, Murcia, Spain) was used to calculate the velocity of displacement for each repetition of the FS performed throughout the whole range of motion. Warm-up consisted of a set of 10 repetitions at loads of 40–60% of the perceived maximum. Thereafter, 5–6 separate single attempts were performed until the subject was unable to extend the legs to the required position. The last acceptable lift with highest possible load was determined as 1RM. The rest period between trials was always 2 minutes. For the upper body 1RM test, the BP was selected and implemented according to the methods described above but for the BP movement (22). The 1RM BP was chosen because it involves some arm muscles that are specific to overhand throwing. The test was also performed in a Smith machine as for the FS. The athletes lowered the bar from a fully extended arm position until the bar was at chest height but not touching and then immediately extended the arms as fast as possible to return to the starting position. Warm-up consisted of a set of 10 repetitions at loads of 40–60% of the perceived maximum. Thereafter, 4–6 separate single attempts were performed until the subject was unable to extend the arms to the required position. The last acceptable lift with the highest possible load was determined as 1RM. The rest period between trials was always 2 minutes.

Throwing Velocity. Ballistic strength production during a WP over arm throw was evaluated in a swimming pool. For the

throw, the subjects were instructed to use their preferred technique to throw a WP ball as fast as possible through a standard goal. Throw tests were undertaken after a 15-minute standardized warm-up and using a standard WP ball (mass 450 g, circumference 0.71 m). To simulate a typical WP-ball action, the players were allowed to put resin on their hands, and they were instructed to throw with maximal velocity toward the upper right corner of the goal. The coaches supervised this test closely to ensure that the required techniques were followed. Each subject continued until 3 correct throws had been recorded, up to a maximum of 3 sets of 3 consecutive throws. One to 2 minutes of rest was allowed between the sets of throws and 10–15 seconds between 2 throws of the same set. The throwing velocity was measured using Stalker-Sport-Radar (Stalker K-Band Sport Radar 1-888, Plano, TX, USA). The radar device was positioned on a tripod behind the thrower. The 2 extreme values of the trials were eliminated (best and worst), and the mean of the central values was used for the subsequent statistical analysis.

Twenty-Meter Maximal Sprint Swim. Maximal sprint swim times were recorded for a 20-m distance, in an indoor swimming pool of 25 m. The participants were positioned 1 m off the wall (upright position facing the far end of the pool), before they were signaled to start the sprint with a random sonorous sound. Infrared beams were stationed at the sprint start and end points (0 and 20 m) with time measured to the nearest 0.01 seconds using an electronic timing system (Muscle Lab.V7.18, Ergotest Technology, Langesund, Norway). Before the test, the participants carried out a standardized warm-up consisting of 5 minutes of submaximal swimming followed by some half speed sprints (2 sets of 15 m) as familiarization trials. Three trials were completed, with 5 minutes of rest between trials, and the shortest time was used for the subsequent statistical analysis.

Training Procedures

Strength and high-intensity training took place 2 d·wk⁻¹ (Monday and Wednesday) for the S group during 18 weeks of the intervention (36 sessions) immediately before normal WP training. The training was individualized for each participant based on their maximal strength with a printed schedule of volume, density, and intensity of the training (number of sets and repetitions, rest intervals, daily load). Each session lasted 30–45 minutes, 10 minutes of standard warm-up (5 minutes of submaximal running at 9 km·h⁻¹, stretching exercises for 5 minutes and 2 submaximal exercises of jump [20 vertical jump, 10 long jumps], 15–30 minutes of specific strength training and 5 minutes of cooldown including stretching exercises). The training program employed by each group is outlined in Table 1. All the training sessions for all groups were fully supervised, and training diaries were maintained for each participant. All the participants were instructed to maintain their normal daily activities throughout the 18-week study, including participation in recreational

TABLE 1. Training program for the experimental group.*

Weeks	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sessions/exercises	S1–S2	S3–S4	S5–S6	S7–S8	S9–S10	S11–S12	S13–S14	S15–S16	S17–S18
Bench press	3 × 6 (1 m·s ⁻¹)	3 × 6 (1 m·s ⁻¹)	3 × 6 (1 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)
Full squat	3 × 6 (1 m·s ⁻¹)	3 × 6 (1 m·s ⁻¹)	3 × 6 (1 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)	3 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)
Military press, kg	3 × 8 × 8	3 × 8 × 8	3 × 8 × 8	3 × 8 × 10	3 × 8 × 10	3 × 8 × 10	3 × 10 × 10	3 × 10 × 10	3 × 10 × 10
Pull-ups	3 × 4	3 × 4	3 × 4	3 × 6	3 × 6	3 × 6	3 × 8	3 × 8	3 × 8
CMJ loaded	3 × 4 (1 m·s ⁻¹)	3 × 4 (1 m·s ⁻¹)	3 × 4 (1 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.7 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.7 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.7 m·s ⁻¹)
CMJ	3 × 5	3 × 5	3 × 5	3 × 5	3 × 5	3 × 5	3 × 5	3 × 5	3 × 5
Abs exercises	4 × 20	4 × 20	4 × 20	5 × 20	5 × 20	5 × 20	6 × 20	6 × 20	6 × 20
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	S19–S20	S21–S22	S23–S24	S25–S26	S27–S28	S29–S30	S31–S32	S33–S34	S35–S36
Bench press	4 × 6 (1 m·s ⁻¹)	4 × 6 (1 m·s ⁻¹)	4 × 6 (1 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)
Full squat	4 × 6 (1 m·s ⁻¹)	4 × 6 (1 m·s ⁻¹)	4 × 6 (1 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.8 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)	4 × 6 (0.7 m·s ⁻¹)
Military press, kg	4 × 8 × 8	4 × 8 × 8	4 × 8 × 8	4 × 8 × 10	4 × 8 × 10	4 × 8 × 10	4 × 10 × 10	4 × 10 × 10	4 × 10 × 10
Pull-ups	4 × 6	4 × 6	4 × 6	4 × 6	4 × 6	4 × 6	4 × 8	4 × 8	4 × 8
CMJ loaded	3 × 4 (1 m·s ⁻¹)	3 × 4 (1 m·s ⁻¹)	3 × 4 (1 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.8 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.7 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.7 m·s ⁻¹)	3 × 5 (0.7 m·s ⁻¹)
CMJ	3 × 5	3 × 5	3 × 5	3 × 5	3 × 5	3 × 5	3 × 5	3 × 5	3 × 5
Abs exercises	6 × 20	6 × 20	6 × 20	7 × 20	7 × 20	7 × 20	8 × 20	8 × 20	8 × 20

*S = session, sets, and rep; m·s⁻¹ = velocity of displacement of the bar during the concentric phase of the full squat and bench press (1 m·s⁻¹ = 60% 1-repetition maximum; 0.9 m·s⁻¹ = 67%; 0.8 m·s⁻¹ = 74%; 0.7 m·s⁻¹ = 80%; 0.6 m·s⁻¹ = 86%); full squat = eccentric squat to a knee angle 60°, followed without pause by a concentric leg extension (as fast as possible) returning to full extension; CMJ = countermovement jump.

TABLE 2. CMJ (centimeters), bench press (kilograms), full squat (kilograms), throwing velocity (kilometers per hour), and 20-m swim sprint (seconds) test performance of the S and C groups before and after the 18-week in-season training.*

	Experimental group (S)				Control group (C)			
	Baseline	Post	% Of change	ES	Baseline	Post	% Of change	ES
CMJ, cm	34.48 ± 4.8	36.86 ± 4.9†	6.9	0.48	32.38 ± 6.5	33.19 ± 5.9	2.50	0.11
Bench press, kg	86.06 ± 13.6	95.12 ± 15.5†‡	10.53	0.66	80.36 ± 10.2	83.36 ± 11.3	4.96	0.29
Full squat, kg	77.81 ± 16.3	88.87 ± 16.5†‡	14.21	0.67	73.09 ± 12.5	75.27 ± 12.6	3.45	0.17
Throwing velocity, km·h ⁻¹	64 ± 6.7	65.76 ± 7.3†	2.76	0.25	63.18 ± 3.9	63.36 ± 3.5	0.45	0.04
20-m Swim sprint, s	11.51 ± 0.6	11.25 ± 0.6†‡	2.25	0.29	12.22 ± 0.9	12.30 ± 0.9	-0.64	-0.08

*Values are reported as mean ± SD.

†Significant differences between baseline and posttraining values ($p \leq 0.05$).

‡Significant differences between the experimental and control group ($p \leq 0.05$).

sporting activities. However, no additional strength or other forms of training were permitted.

Statistical Analyses

Descriptive statistics (mean ± SD) for the outcome measures were calculated. The intraclass correlation coefficient (ICC) was used to determine the reliability of the measurements. The training-related effects and the differences between groups were assessed using a mixed-design factorial analysis of variance with the contrast *F* of Snedecor. Effect sizes (ESs) were also calculated using Cohen's *d*. Statistical significance was accepted at an alpha level of $p \leq 0.05$.

RESULTS

At baseline, no significant differences between groups were observed in any of the anthropometric, strength or sprint variables tested. After 18 weeks of training, no significant changes were observed in any of the physical characteristics analyzed.

Height in Countermovement Jump

Statistically significant increases ($p \leq 0.05$) occurred in the CMJ (2.38 cm; 6.9%; ES = 0.48) in the S group. No differences were observed after training in the magnitude of the changes among the groups. The ICC was 0.95 for CMJ measurements indicating high reliability.

Maximal Dynamic Strength One-Repetition Maximum Full Squat and Bench Press

Maximal dynamic strength 1RM FS and BP (kilograms) increased ($p \leq 0.05$) in the S group (11.06 kg; 14.21%; ES = 0.67) and (9.06 kg; 10.53%; ES = 0.66), respectively. Differences ($p \leq 0.05$) were observed after training in the magnitude of the increase between the S and C groups. The ICC for the strength tests was 0.88.

Throwing Velocity

Throwing velocity (kilometers per hour) increased ($p \leq 0.05$) in the S group (1.76 km·h⁻¹; 2.76%; ES = 0.25). No differences were observed after training in the magnitude of the changes among the groups. The ICC was 0.85.

Twenty-Meter Swim Sprint Time

Maximal sprint swim time (seconds) decreased ($p \leq 0.05$) in the experimental group (-0.26 seconds; 2.25%; ES = 0.29). Differences ($p \leq 0.05$) were observed after training in the magnitude of the increase between the S and C groups. The ICC was 0.91.

DISCUSSION

The primary aim of this study was to determine whether elite male WP players could enhance muscle strength and other qualities critical to WP performance (throwing velocity, swim sprinting, and jumping abilities) by an in-season program of strength and high-intensity training for the upper and the lower body. The important finding of our research was that our results substantiate our hypothesis that resistance and high-intensity training in-season enhances the strength output of both upper and lower body, whether assessed by jumping (6.90%) or swim sprinting (2.25%), 1 RM BP (10.53%) and FS (14.21%) test, or throwing velocity (2.76%). Other studies have examined the influence of strength training and jump height on overhead throwing velocity of elite WP players (4,26), but this is the first study to examine the gains of jumping and swim sprinting performance, using resistance and high-intensity exercises such as the BP, military press and pull-ups for the upper body and FS and plyometric exercises for the lower body.

Vertical jumping ability is an essential component in WP, and it is frequent in both defensive (e.g., blocking and stealing) and offensive (e.g., passing and shooting) WP

maneuvers. The classical dry-land vertical jump test differs somewhat from WP-specific vertical jumping (in-water vertical jump) (29); nevertheless, this study showed gains in vertical jump height (6.9% for CMJ) on land. These results can be compared with the results of other studies (11) that showed an improvement of 15% in vertical jump height. Furthermore, in comparison with the results published by other researchers who performed this test in athletes of other sports, it appears that WP players have a relatively high capacity to increase explosive strength that is comparable with that of junior soccer players (6) (7.5%), or swimmers (15). Christou et al. (7) also found respective gains of 14.4% in the CMJ of soccer players over 8 weeks of strength training. Gorostiaga et al. (18) studied the influence of resistance training on the jump performance of handball players, and they reported meaningful increases in a group that had previously engaged only in team practice (6%), but no changes of the CMJ in either resistance training or control groups. Also, we observed no meaningful (2.5%) improvements in the CMJ height relative to controls, underlining importance that the introduction of resistance and high-intensity training did not interfere with jump development. Foot speed is the most important factor contributing to performance in the eggbeater kick used in a WP hold. Thus, WP players need to develop the ability to maintain high speeds of foot movement throughout the eggbeater kick cycle to improve the vertical jumping ability (32). Clearly WP requires different skills to land based jumping but still requires high leg extensor power.

The WP requires high force and power and neuromuscular and aerobic endurance because it is a high-intensity intermittent sport, with a predominance of sprint swimming and wrestling. Several studies have provided information on the physiological and fitness characteristics of these athletes (2,29,40), but no data on strength have been published. Several studies have shown the effectiveness of high intensity-oriented and heavy-resistance training in improving strength and motor performance (12,31). The results of this investigation concur with those studies showing that a combined program can meaningfully increase strength performance. Interestingly, this study also illustrates that the magnitude of increases in maximal strength performance was almost the same for the upper (10.53%) and the lower (14.21%) body. These findings have replicated that of Gorostiaga et al. (19) who reported that specific resistance training improves the strength of both the upper extremity muscles (23%) and the leg extensors (12.2%) in handball players. In this study, gains for the upper bodies (10.53% for 1RM BP) were even smaller than those previously observed (19), possibly because of differences in the initial status of the players or the training exercises that were undertaken. The greater increase of 1RM lower body strength in this study could be explained by the importance of eggbeater kick as a cyclical action of the lower body and the combination of in-water and resistance training may have elevated the adaptations.

Marques and González-Badillo (25) also noted a 28% increase of 1RM BP, after 12 weeks of resistance training (2–3 sessions per week) in high level handball players, which is much higher than the 10.53% gain of 1RM BP that we observed despite their training loads being very similar to ours; 70–85% of concentric 1RM BP, whereas ours were in the range 60–80%.

The ultimate requirement in the game of WP is to throw successfully at the goal. High velocity in the overhead WP throw is an essential component of throwing for the purpose of scoring goals. Factors thought to influence the throwing velocity include upper and lower body and trunk strength, throwing technique, and vertical jumping ability. General resistance training with exercises for the upper body with loads of 60–80% 1RM seems to influence throwing velocity positively (41). An explanation for this is given by Schmidtbleicher et al. (33), who attribute their findings to the size principle of motor recruitment. This implies that only heavy load training ensures the recruitment of fast twitch motor units. Their contention is that low loads do not overload the neuromuscular system sufficiently to induce an adaptation. The results of our investigation concur with those studies showing that a combined strength and high-intensity program can meaningfully increase overhead throwing velocity performance (2.76%). In the study of Bloomfield et al. (4), no increase was found in throwing velocity after resistance training with increasing weight (Pyramid training), possibly because the players were uniformly highly skilled or because the training regimen did not provide sufficient stimulus to all muscle groups relevant to throwing velocity. A possible explanation for the differences in results between these 2 studies is the experience and performance level of the training group. The high relationship between force and throwing velocity ($r = -0.63$) lends support to the theory that throwing velocity is also influenced by lower body force enhancing the capacity to propel the body out of the water. However, force alone is unlikely to be sufficient in less skilled players whose eggbeater kick is not as proficient. A knowledge of the game also suggests ability to elevate the body in the water would increase strategic options for players during competition by allowing players to shoot or throw the ball past opponents or to intercept or block the ball.

Swim sprinting, acceleration, and rapid changes in direction are inherent to both practice and competition in WP. Additionally, most sprint swims are short (e.g., 10 m–15 m). Strength and speed are 2 major factors determining a swimmer's sprint performance at training and competition (16,38). In fact, some studies have reported that muscular strength correlated meaningfully with swim velocity (1,37). Furthermore, several research studies have reported that upper body muscular strength output correlates highly with swim velocity over short swimming distances ($r \sim 0.87$) (20,39). Several authors (8,34) have reported that swimming performance is meaningfully associated with arm strength on dry-land exercises. Other studies suggest swimming

velocity is more correlated to the specific force produced in the aquatic environment, being much more specific tests (38). The results of this investigation concur with those studies showing that a combined strength and high-intensity program can meaningfully increase swim sprint performance (2.25%), and muscular strength correlated moderately but meaningfully with swim velocity ($r = -0.55$). To our best knowledge, no study has examined the associations between swimming performance and dynamic strength of the upper and lower extremities in competitive WP players. The BP and FS exercises were chosen because they activate overall the same muscle groups as used when swimming (9). Thus, using multijoint exercise tests should be advantageous when exploring associations with a dynamic movement such as swimming. Birrer (3) pointed out the importance of BP and triceps extension strength in the pushing phase for all swim strokes. In this study, BP was also moderately related ($r = -0.41$) to specific swimming performance (20-m sprint tests). Watanabe and Takai (42) analyzed the factors that contribute to swimming performance. Their results suggest that muscle strength was an important explanatory factor of swimming performance over 50 m in both genders. Another factor that could possibly contribute to the different outcomes between previous investigations with respect to the associations between swimming performance is the training and athlete's background. Because we used elite WP athletes with extensive training and competition history, it is likely that further gains are more difficult to achieve.

PRACTICAL APPLICATIONS

We have clearly demonstrated that elite male WP players can enhance muscle strength by undertaking an 18-week in-season program of strength and high intensity-oriented training involving exercises for both the upper and the lower-body (BP, FS, pull-ups, and loaded and unloaded jump exercises). Moreover, there is no apparent interference between the development of force and maximal sprint swim performance and WP ball throwing velocity. Rather, these sport specific performance qualities were enhanced considerably by the strength and high-intensity training, over and above that achieved through in-water training. It has proven quite easy and practical to add the proposed regimen to the traditional in-season technical and tactical training regimen. The performance improvements shown in this study are of great interest for WP coaches, because the performance of this sport relies greatly on the specific in-water vertical jump, maximal sprint swim, and throwing abilities that were enhanced by the strength and high intensity-oriented training regimen. Previous authors have found a similar benefit of strength and high-intensity training in other sports, but this is the first study to our knowledge involving elite WP players. It is recommended that WP coaches implement in-season strength and high-intensity training to enhance the performance of their players.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to the participants of this study for having performed maximal efforts until volitional fatigue. The authors have no professional relationships with companies or manufacturers that might benefit from the results of this study. There is no financial support for this project. No funds were received for this study from National Institutes of Health, Wellcome Trust, University, or others. The results of this study do not constitute endorsement of any product by the authors or the National Strength and Conditioning Association.

REFERENCES

1. Aspenes, S, Kjendlie, PL, Hoff, J, and Helgerud, J. Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *J Sports Sci Med* 8: 357–365, 2009.
2. Aziz, AR, Lee, HC, and The, KC. Physiological characteristics of Singapore national water polo team players. *J Sports Med Phys Fitness* 42: 315–319, 2002.
3. Birrer, P. The shoulder, EMG and the swimming stroke. *J Swim Res* 12: 20–23, 1986.
4. Bloomfield, J, Blanksby, B, Ackland, T, and Allison, G. The influence of strength training on overhead throwing velocity of elite water polo players. *Aust J Sci Med Sport* 22: 63–67, 1990.
5. Chelly, MS, Hermassi, S, and Shephard, RJ. Relationships between power and strength of the upper and lower body muscles and throwing velocity in male handball players. *J Strength Cond Res* 24: 1480–1487, 2010.
6. Chelly, MS, Fathloun, M, Cherif, N, Amar, MB, Tabka, Z, and Van Praagh, E. Effects of a back squat training program on leg power, jump-and sprint performances in junior soccer players. *J Strength Cond Res* 23: 2241–2249, 2009.
7. Christou, M, Smilios, I, Sotiropoulos, K, Volaklis, K, Pilianidis, T, and Tokmakidis, SP. Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *J Strength Cond Res* 20: 783–791, 2006.
8. Costa, AM, Silva, AJ, Louro, H, Reis, VM, Garrido, ND, Marques, M, and Marinho, DA. Can the curriculum be used to estimate critical velocity in young competitive swimmers? *J Sports Sci Med* 8: 17–23, 2009.
9. Cronin, J, Jones, J, and Frost, D. The relationship between dry-land power measures and tumble turn velocity in elite swimmers. *J Swim Res* 17: 17–23, 2007.
10. D'Auria, S and Gabbett, T. A time-motion analysis of international Women's water polo match play. *Int J Sports Physiol Perform* 3: 305–319, 2008.
11. Falk, B, Lidor, R, Lander, Y, and Lang, B. Talent identification and early development of elite water-polo players: A 2-year follow-up study. *J Sports Sci* 22: 347–355, 2004.
12. Fatouros, IG, Jamurtas, AZ, Leontini, D, Taxildaris, K, Aggelousis, N, Kostopoulos, N, and Buckenmeyer, P. Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *J Strength Cond Res* 14: 470–476, 2000.
13. Ferragut, C, Abalde, JA, Vila, H, Rodriguez, N, Argudo, FM, and Fernandes, J. Anthropometry and throwing velocity in elite water polo by specific playing positions. *J Hum Kin* 27: 31–44, 2011.
14. Fleck, SJ, Smith, SL, Craib, MW, Denahan, T, Snow, R, and Mitchell, ML. Upper extremity isokinetic torque and throwing velocity in team handball. *J Strength Cond Res* 6: 120–124, 1992.
15. Garrido, N, Marinho, DA, Barbosa, TM, Costa, AM, Silva, AJ, Perez-Turpin, JA, and Marques, M. Relationships between dry land strength, power variables and short sprint performance in young competitive swimmers. *J Hum Sport Exer* 5: 240–249, 2010.

16. Girolid, S, Maurin, D, Dugue, B, Chatard, JC, and Millet, G. Effects of dry-land vs. resisted-and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. *J Strength Cond Res* 21: 599–605, 2007.
17. Gorostiaga, EM, Granados, C, Ibáñez, J, and Izquierdo, M. Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *Int J Sports Med* 26: 225–232, 2005.
18. Gorostiaga, EM, Granados, C, Ibáñez, J, Gonzalez-Badillo, JJ, and Izquierdo, M. Effects of an entire season on physical fitness changes in elite male handball players. *Med Sci Sports Exerc* 38: 357–366, 2006.
19. Gorostiaga, EM, Izquierdo, M, Iturralde, P, Ruesta, M, and Ibáñez, J. Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 80: 485–493, 1999.
20. Hawley, JA and Williams, MM. Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. *Int J Sports Med* 12: 1–5, 1991.
21. Hermassi, S, Chelly, MS, Fathloun, M, and Shepard, RJ. The effect of heavy-vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *J Strength Cond Res* 24: 2408–2418, 2010.
22. Izquierdo, M, Hakkinen, K, Gonzalez-Badillo, JJ, Ibañez, J, and Gorostiaga, EM. Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *Eur J Appl Physiol* 87: 264–271, 2002.
23. Lozovina, V and Pavicic, L. Anthropometric changes in elite male water polo players: Survey in 1980 and 1995. *Croat Med J* 45: 202–205, 2004.
24. Lupo, C, Tessitore, A, Minganti, C, and Capranica, C. Notational analysis of elite and sub-elite water polo matches. *J Strength Cond Res* 24: 223–229, 2010.
25. Marques, MC and González-Badillo, JJ. In-season resistance training and detraining in professional team handball players. *J Strength Cond Res* 20: 563–571, 2006.
26. McCluskey, L, Lynskey, S, Kei Leung, C, Woodhouse, D, Briffa, K, and Hopper, D. Throwing velocity and jump height in female water polo players: Performance predictors. *J Sci Med Sport* 13: 236–240, 2010.
27. McEvoy, KP and Newton, RU. Baseball throwing speed and base running speed: The effects of ballistic resistance training. *J Strength Cond Res* 12: 216–221, 1998.
28. Pavlik, G, Kemeny, D, Kneffel, Z, Petrekanits, M, Horvath, P, and Sido, Z. Echocardiographic data in hungarian top level water polo players. *Med Sci Sports Exerc* 37: 323–328, 2005.
29. Platanou, T. On-water and dryland vertical jump in water polo players. *J Sports Med Phys Fitness* 45: 26–31, 2005.
30. Platanou, T and Geladas, N. The influence of game duration and playing position on intensity of exercise during match-play in elite water polo players. *J Sports Sci* 24: 1173–1181, 2006.
31. Sáez de Villarreal, E, Requena, B, Izquierdo, M, and Gonzalez-Badillo, JJ. Enhancing sprint and strength performance: Combined versus maximal power, traditional heavy-resistance and plyometric training. *J Sci Med Sport* 16: 146–150, 2013.
32. Sanders, RH. Analysis of the eggbeater kick used to maintain height in water polo. *J Appl Biomech* 15: 284–291, 1999.
33. Schmidbleicher, D and Buerle, M. Neuronal adaptation and increase of cross-sectional area studying different strength training methods. In: *Biomechanics X-B (Vol. 6-B)*. G.B. Johnson, ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 1987. pp. 615–620.
34. Silva, AJ, Costa, AM, Oliveira, PM, Reis, VM, Saavedra, J, Perl, J, Rouboa, A, and Marinho, DA. The use of neural network technology to model swimming performance. *J Sports Sci Med* 6: 117–125, 2007.
35. Smith, HK. Applied physiology of water polo. *Sports Med* 26: 317–334, 1998.
36. Smith, HK. Penalty shot importance, success and game context in international water polo. *J Sci Med Sport* 7: 221–225, 2004.
37. Tanaka, H and Swensen, T. Impact of resistance training on endurance performance. A new form of cross-training? *Sports Med* 25: 191–200, 1998.
38. Tanaka, H, Costill, DL, Thomas, R, Fink, WJ, and Widrick, JJ. Dry-land resistance training for competitive swimming. *Med Sci Sports Exerc* 25: 952–959, 1993.
39. Toussaint, HM and Vervoorn, K. Effects of specific high resistance training in the water on competitive swimmers. *Int J Sports Med* 11: 228–233, 1990.
40. Tsekouras, YE, Kavouras, SA, Campagna, A, Kotsis, YP, Syntosi, SS, Papazoglou, K, and Sidossis, LS. The anthropometrical and physiological characteristics of elite water polo players. *Eur J Appl Physiol* 95: 35–41, 2005.
41. Van den Tillaar, R. Effect of different training programs on the velocity of over arm throwing: A brief review. *J Strength Cond Res* 18: 388–396, 2004.
42. Watanabe, M and Takai, S. Age-related change of the factors affecting swimming performance in junior swimmers. *Jap J Phys Fitness Sports Med* 54: 353–361, 2005.

EFFECTS OF DRY-LAND VS. IN-WATER SPECIFIC STRENGTH TRAINING ON PROFESSIONAL MALE WATER POLO PLAYERS' PERFORMANCE

EDUARDO SÁEZ DE VILLARREAL,^{1,2} LUIS SUAREZ-ARRONES,^{1,2} BERNARDO REQUENA,^{1,2}
G. GREGORY HAFF,³ AND RAFAEL RAMOS-VELIZ¹

¹Faculty of Sport, Pablo de Olavide University, Seville, Spain; ²Master of Soccer, Pablo de Olavide University, Seville, Spain; and ³Center for Exercise and Sport Science Research, Edith Cowan University, Joondalup, Australia

ABSTRACT

de Villarreal, ES, Suarez-Arrones, L, Requena, B, Haff, GG, and Ramos-Veliz, R. Effects of dry-land vs. in-water specific strength training on professional male water polo players' performance. *J Strength Cond Res* 28(11): 3179–3187, 2014—We compared the effects of 6-week dry-land and in-water specific strength training combined with a water polo (WP) program on 7 sport-specific performance parameters. Nineteen professional players were randomly assigned to 2 groups: in-water strength group (WSG) (in-water training only) and dry-land strength group (LSG). The program included 3 weekly strength training sessions and 5 days of WP training per week for 6 weeks during the preseason. Ten-meter T-agility test, 20-m maximal sprint swim, maximal dynamic strength (1 repetition maximum), bench press (BP) and full squat (FS), in-water boost, countermovement jump (CMJ), and WP throwing speed were measured. Significant improvements ($p \leq 0.05$) were found in the experimental groups in some variables: CMJ in the LSG and WSG (2.35 cm, 9.07%, effect size [ES] = 0.89; and 2.6 cm, 7.6%, ES = 0.83, respectively), in-water boost increased in the WSG group (4.1 cm; 11.48%; ES = 0.70), and FS and BP increased ($p \leq 0.05$) only in the LSG group (12.1 kg; 11.27%; ES = 1.15 and 8.3 kg; 9.55%; ES = 1.30, respectively). There was a decrease of performance in agility test (−0.55 seconds; 5.60%; ES = 0.74). Both dry-land and in-water specific strength training and high-intensity training in these male WP players produced medial to large effects on most WP-specific performance parameters. Therefore, we propose modifications to current training methodology for WP players in preseason to include both the training programs (dry-land and in-water specific

strength training and high-intensity training) for athlete preparation in this sport.

KEY WORDS weight-training, bench press, full squat, preseason

INTRODUCTION

Competitive performance in water polo (WP) depends not only on strength but also on the ability to exert force at the speed required by this discipline. In addition to technical and tactical skills, it has been argued that muscular strength and power, anthropometric characteristics, and WP throwing ability are the most important factors that give a clear advantage in elite competitions (8,10). Because of the increased demands of technical training and competition, strength and conditioning during preseason could be proposed to manage adequate levels of whole-body dynamics strength and power for the beginning of the competitive season. Although WP playing in itself can enhance many of these factors, elite competitors must engage in additional WP-specific conditioning, including exercises to develop high-intensity intermittent anaerobic abilities, speed, change of direction, strength, and power.

There are a variety of training methods used to develop the physical abilities of WP and swimmers that have been described in the literature (4,18,21,22,29). The effectiveness of these methods depends on the specificity to the event (16,27) and the intensity of the training sessions used (3,28) or the performance parameter studied. In WP, both dry-land and in-water training methods have been used to prepare these athletes for competition.

The positive effects of dry-land strength training, which target the upper limbs, on WP performance parameters have also been reported extensively. For example, strength training-induced gains in swim sprint performance are consistently reported between 1.3–4.4% (7,18,28). Because WP contains numerous swim sprint engagements, it is logical that dry-land training that targets the upper-body dynamic strength would benefit the WP player.

Address correspondence to Dr. Eduardo Sáez de Villarreal, esaesae@upo.es.

28(11)/3179–3187

Journal of Strength and Conditioning Research
© 2014 National Strength and Conditioning Association

The primary factors that influence WP performance include trunk strength, upper- and lower-body strength, throwing technique, and vertical jumping ability (10). Each of these factors can be improved with appropriate training, particularly with resistance training. General upper-body resistance training at loads of 60–80% 1 repetition maximum (1RM) seems to influence WP throwing speed (ThS) positively (22,31). Ramos-Veliz et al. (22) previously highlighted the contribution of the lower body to throwing ability (improvement of 6.8%, effect size [ES] = 3.4), underlining that WP coaches should include strength and high-intensity training interventions not only for the shoulders and arms. It has also been reported that lower body and that bi-weekly resistance training is sufficient to induce substantial gains in peak power output (5.2%, ES = 0.3), dynamic strength (20.9%, ES = 2.4), and WP ThS (6.8%, ES = 3.4). For example, Ramos-Veliz et al. (21) demonstrated that elite male WP players enhanced muscle strength (10.5% in bench press [BP] and 14.2% in full squat [FS]) by undertaking an 18-week in-season program of strength and high intensity-oriented training involving exercises for both the upper and the lower body. Similarly, Strass (28) showed that press and draw exercises with barbells for 6 weeks led to a significant 4.4 and 2.1% increase in swim sprint performance over 25 and 50 m, respectively. Several studies have demonstrated a strong relationship ($r = 0.80$ – 0.93) between upper-body strength and sprint swimming performances over 25 yd and 50 m (14,25).

Although several studies have reported on the efficacy of the dry-land training methods for WP players (4,21), none have yet examined in-water strength training methods. Moreover, despite the increase in professionalism of WP, most descriptive and training studies of WP performance parameters focus on moderate skill levels, with a paucity of research on elite-level athletes. Indeed, to the authors' knowledge, no study has examined the efficacy of a specific in-water strength training program implemented in pre-season for improving the performance of elite WP players.

Therefore, the main purpose of our study was to compare the effects of combined dry-land strength with a WP program with those of a combined in-water specific strength program with the same WP program. Because of the greater sport specificity of the in-water method, this study tested the hypothesis that in-water specific strength training would induce some adaptations, leading to a same short-term increase in muscular strength and other qualities critical to WP performance (WP ThS, swim sprinting, and jumping abilities) in WP players than dry-land strength training.

METHODS

Experimental Approach to the Problem

This study was designed to address the question of how 2 different high-intensity training modalities (on dry-land and in-water) affected on WP-specific performance parameters after a 6-week pre-season (18 sessions) training program. To

do this, we compared the effects of 6 weeks of training with 2 groups of participants who performed the same total number and intensity of training sessions. All tests were carried out before (baseline test) and after the training period (posttest). These included (a) anthropometric measures, (b) in-water boost and on land vertical countermovement jump (CMJ) performance, (c) maximal strength (1RM) (in kilograms) (BP and FS), (d) WP ThS, (e) swimming agility test, and (f) 20-m maximal sprint swim performance. After the initial measurements, a team of experienced players ($n = 19$) was randomly allocated to either the in-water strength group (WSG) (specific in-water strength training) ($n = 9$) or dry-land strength group (LSG) who received the high-intensity training in a weight-training facility ($n = 10$). During each training session, the participants were instructed in proper execution of all the exercises and all sessions were supervised. The participants undertook the high-intensity exercises between 12.00 and 13.00 hours and the WP training (in a swimming pool) from 13.00 to 15.00 hours. Participants were also instructed to avoid any strenuous physical activity and to maintain their usual dietary habits for the duration of the study.

Subjects

Procedures were approved by the Institutional Ethics Review Committee (Pablo de Olavide University, Seville, Spain) in accordance with the current national and international laws and regulations governing the use of human participants (Declaration of Helsinki II). Before participating in the study, participants were fully informed about the protocol, and a written informed consent was obtained from each subject before testing. Parental consent was obtained if the subject were under 18 years of age. Participants were free to withdraw from the study without penalty at any time. A questionnaire regarding medical history, age, height, body mass, training characteristics, injury history, team WP experience, and performance level was completed before participation. An initial examination by the team physician focused on orthopaedic and other conditions that might preclude resistance and high-intensity training, and all participants were found to be in good health. Nineteen Spanish first division national-level male WP players were randomly divided into the WSG group (age = 18.5 ± 2.3 years, 16–20 years, height = 181.4 ± 4.9 cm, body mass = 79.2 ± 5.3 kg, body fat = $10.2 \pm 3.5\%$, mean WP experience = 10.5 ± 2.1 years) and LSG group (age = 19.7 ± 5.4 years, height = 183.3 ± 3.4 cm, body mass = 80.6 ± 6.8 kg, body fat = $11.4 \pm 2.2\%$, mean WP experience = 11.5 ± 4.1 years); these 2 groups were well matched in terms of their initial characteristics.

Testing Procedures

The participants were habituated with the test procedures before the measurements were taken. In addition, several warm-up sets were recorded before the actual maximal and explosive tests. All tests were conducted within 2 days for each athlete, and time of testing for baseline and posttesting was held consistent for individual participants. The

performance tests were completed in 2 days. On day 1, the tests were completed in the following order: measurement of height, body mass, and percentage of body fat, CMJ for vertical distance (in centimeters), and maximal dynamic strength for upper and lower body (BP and FS, 1RM) tests were completed. On day 2, in-water boost, ThS, swimming agility, and 20-m sprint swim tests were completed. Before the tests, participants carried out a standardized warm-up consisting of 10 minutes of submaximal running at $9 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ followed by light stretching and a specific warm-up of vertical jump and FS with low loads (2 sets of 10 repetitions at 20% of body mass) and a specific warm-up in the water, as familiarization trials with the assessment exercises. Additionally, care was taken to allow sufficient rest between all tests to limit the effects of fatigue on subsequent tests.

Anthropometry. Height was measured using a wall-mounted stadiometer (Seca222; Seca, NY, USA). Body mass was measured using a medical scale, and fat mass, fat free mass and percentage of body fat was estimated using bio-impedance (Tanita BC-418 MA; Tanita, Tokyo, Japan).

In-Water Boost. The in-water boost was assessed following the model proposed by Platanou (19). The intraclass correlation coefficient (ICC) was 0.92 (0.90–0.94).

Countermovement Vertical Jump. The countermovement jump (CMJ) test was performed using an infrared curtain system (Ergo-Jump; Muscle Lab.V7.18, Langesund, Norway) to measure flight and contact times. Five trials were completed with 1 minute of rest allocated between each trial. The 2 extreme values of the 5 trials were eliminated (best and worst), and the mean of the 3 central values was used for the subsequent statistical analysis. The ICC was 0.93 (0.91–0.95) for CMJ measurements, indicating high reliability.

Maximal Dynamic Strength for Upper and Lower Body (1 Repetition Maximum). For the lower body, maximal dynamic strength (1RM) was determined as the highest weight that could be lifted through the full range of motion of a FS with correct technique. Participants performed the FS from a fully extended position starting with shoulders in contact with the bar. On command, the participants performed a controlled eccentric squat to an internal knee angle of 60° , followed without pause by a concentric leg extension (as fast as possible) returning to full extension. The trunk was kept as straight as possible and a Certified Strength and Conditioning Specialist conducted this test and checked for correct technique. A safety belt was used by all participants. The tests were performed in a squatting apparatus (Smith-machine; Model Adan-Sport, Granada, Spain). Velocity of displacement was determined using a squatting apparatus in which the barbell was attached at both ends, with linear bearings on 2 vertical bars allowing only vertical movements. Furthermore, bar displacement, peak, and mean

velocity (in meter per second) were recorded using a distance encoder attached to one end of the bar. The distance encoder recorded the position and direction of the bar to an accuracy of 0.0003 m. A computer program (T-Force System; Ergotech, Murcia, Spain) was used to calculate the velocity of displacement for each repetition of FS performed throughout the whole range of motion. Warm-up consisted of a set of 10 repetitions at loads of 40–60% of the perceived maximum. Thereafter, 5 to 6 separate single attempts were performed until the subject was unable to extend the legs to the required position. The last acceptable lift with highest possible load was determined as 1RM. The rest period between trials was always 2 minutes.

For the upper-body 1RM test, the BP was selected and implemented according to the methods described above but for the BP movement. The 1RM BP was chosen because it involves some arm muscles that are specific to overhand throwing. The test was also performed in a Smith machine as for the FS. Participants lowered the bar from a fully extended arm position until the bar was at chest height but not touching and then immediately extended the arms as fast as possible to return to the starting position. Warm-up consisted of a set of 10 repetitions at loads of 40–60% of the perceived maximum. Thereafter, 4–6 separate single attempts were performed until the subject was unable to extend the arms to the required position. The last acceptable lift with the highest possible load was determined as 1RM. The rest period between trials was always 2 minutes. The ICCs for the strength tests were 0.87 (0.86–0.88) (1RM FS) and 0.91 (0.89–0.93) (1RM BP).

Water Polo Throw Speed. Ballistic strength production during a WP over arm throw was evaluated in a swimming pool. For the throw, participants were instructed to use their preferred technique to throw a WP ball as fast as possible through a standard goal. Throw tests were undertaken after a 15-minute standardized warm-up and using a standard WP ball (mass 450 g, circumference 0.71 m). To simulate a typical WP ball action, the players were allowed to put resin on their hands, and they were told to throw with maximal speed toward the upper right corner of the goal from the penalty line (5 m far from the net). The coaches supervised this test closely to ensure that the required techniques were followed. Each subject continued until 3 correct throws had been recorded, up to a maximum of 3 sets of 3 consecutive throws. A 1- to 2-minute rest was allowed between sets of throws and 10–15 seconds between 2 throws of the same set. Water polo ThS was measured using Stalker-Sport-Radar (Plano, TX, USA). The radar device was positioned on a tripod behind the thrower. The 2 extreme values of the trials were eliminated (best and worst), and the mean of the central values was used for the subsequent statistical analysis. The ICC was 0.88 (0.86–0.90).

10-m T Swimming Agility Test. Participants' in-water agility was evaluated by using the 10-m T Swimming Agility test

TABLE 1. Training program for the dry-land strength group.*

Week	1	2	3	4	5	6
Sessions/ exercises	S1-S2-S3	S4-S5-S6	S7-S8-S9	S10-S11-S12	S13-S14-S15	S16-S17-S18
Bench press	3 × 15 60%	3 × 15 60%	3 × 12 70%	3 × 12 70%	4 × 10 80%	4 × 10 80%
Full squat	3 × 15 60%	3 × 15 60%	3 × 12 70%	3 × 12 70%	4 × 10 80%	4 × 10 80%
Pull-ups	3 × max	3 × max	3 × max	3 × max	4 × max	4 × max
Military press	3 × 10 40%	3 × 10 40%	3 × 12 50%	3 × 12 50%	4 × 10 60%	4 × 10 60%
Split squat	3 × 10 20%	3 × 10 20%	4 × 10 25%	4 × 10 25%	3 × 15 30%	3 × 15 30%
CMJ loaded	3 × 10 × 10 kg	3 × 10 × 10 kg	3 × 10 × 15 kg	3 × 10 × 15 kg	3 × 10 × 20 kg	3 × 10 × 20 kg
Power clean	3 × 10 × 20% BW	3 × 10 × 20% BW	4 × 10 × 40% BW	4 × 10 × 40% BW	3 × 15 × 60% BW	3 × 15 × 60% BW
CMJ	3 × 15	3 × 15	3 × 20	3 × 20	3 × 25	3 × 25
Abs exercises	5 × 25 rep/5 × 30 s	5 × 25 rep/5 × 30 s	5 × 25 rep/5 × 30 s	5 × 25 rep/5 × 30 s	5 × 25 rep/5 × 30 s	5 × 25 rep/5 × 30 s
dynamic/ isometric						
Medicine ball	3 × 10 × 5 kg	3 × 10 × 5 kg	4 × 10 × 5 kg	4 × 10 × 5 kg	4 × 15 × 5 kg	4 × 15 × 5 kg

*BW = body weight; CMJ = countermovement jump; % = percentage of 1RM.

using a photocell timing system (Muscle Lab.V7.18). For this test, the athletes were instructed to sprint from a standing start position (from an upright floating position facing the far end of the pool) at the base of the T. Following a starting signal from the investigators, the athlete swam to the goal, touched the crossbar with both hands, then side swam to the right post, touches it before side-swimming to touch the left post. The athlete then swam 5 m backward through photocells. Before the test, participants carried out a standardized warm-up consisting of 5 minutes of submaximal swimming followed by some half-speed in-water agility exercises. The test score was recorded as the best time of 3 trials. A 3-minute rest period was allowed between each trial. Subjects were disqualified if they failed to touch the base of any post or the crossbar. The ICC was 0.86 (0.84–0.88).

20-m Maximal Sprint Swim. Maximal 20-m sprint swim times were recorded to the nearest 0.01 seconds using an electronic timing system (Muscle Lab.V7.18), in an indoor swimming pool of 25 m. Participants were positioned 1 m off the wall (from an upright floating position facing the far end of the pool), before they were signaled to start the sprint with a random start signal. Before the test, participants carried out a standardized warm-up consisting of 5 minutes of submaximal swimming followed by some half-speed sprints (2 sets of 15 m). Three trials were completed, with 5 minutes of rest between trials, and the shortest time was used for subsequent statistical analysis. The ICC was 0.91 (0.90–0.93).

Training Procedures

Training took place 3 days a week (M-W-F) for the 2 groups during 6-week preseason (18 sessions) training program immediately before normal WP training. The training was individualized for each participant based on their maximal strength with a printed schedule of volume, density, and intensity of training (number of sets and repetitions, rest intervals, daily load). Each session lasted 60 minutes, 10 minutes of standard warm-up (5-minute submaximal running at 9 km·h⁻¹, stretching exercises for 5 minutes and 2 submaximal exercises of jump [20 vertical jumps, 10 long jumps]), 45 minutes of specific strength training, and 5 minutes of cool down including stretching exercises. The training load was quantified by analyzing the RPE of each session. Each athlete's session-rate of perceived exertion (RPE) was collected 30 minutes after each training session using Borg scale 10 (5), with which they were previously habituated. Afterward, RPE value was multiplied by the total duration of training (in minutes), according to Foster et al. (11). This product represents in a single number the perceived magnitude of the internal training load in arbitrary units (AU). The total duration of specific strength training for all the groups was controlled and similar (45 minutes). The training program used by each group is outlined in Tables 1 and 2. All training sessions for

TABLE 2. Training program for the in-water strength group.*

Week	1	2	3	4	5	6
Sessions/exercises	S1-S2-S3	S4-S5-S6	S7-S8-S9	S10-S11-S12	S13-S14-S15	S16-S17-S18
Back eggbeater kick with resistance band	5 × 20 s	5 × 20 s	5 × 40 s	5 × 40 s	5 × 60 s	5 × 60 s
Frontal eggbeater kick with resistance band	5 × 20 s	5 × 20 s	5 × 40 s	5 × 40 s	5 × 60 s	5 × 60 s
Back swim with resistance band	5 × 10 s	5 × 10 s	5 × 20 s	5 × 20 s	5 × 30 s	5 × 30 s
Frontal swim with resistance band	5 × 10 s	5 × 10 s	5 × 20 s	5 × 20 s	5 × 30 s	5 × 30 s
MB single-arm throw	3 × 10 × 3 kg	3 × 10 × 3 kg	4 × 10 × 3 kg	4 × 10 × 3 kg	4 × 15 × 3 kg	4 × 15 × 3 kg
MB wall throw	3 × 10 × 5 kg	3 × 10 × 5 kg	4 × 10 × 5 kg	4 × 10 × 5 kg	4 × 15 × 5 kg	4 × 15 × 5 kg
MB over the back toss	3 × 10 × 5 kg	3 × 10 × 5 kg	4 × 10 × 5 kg	4 × 10 × 5 kg	4 × 15 × 5 kg	4 × 15 × 5 kg
Lateral jumps	4 × 9	4 × 9	4 × 12	4 × 12	4 × 15	4 × 15
Lateral jumps post to post in the goal	4 × 9	4 × 9	4 × 12	4 × 12	4 × 15	4 × 15
Vertical jumps with MB	4 × 5 × 5 kg + sprint 5 m	4 × 5 × 5 kg + sprint 5 m	4 × 7 × 5 kg + sprint 5 m	4 × 7 × 5 kg + sprint 5 m	4 × 10 × 5 kg + sprint 5 m	4 × 15 × 5 kg + sprint 5 m

*MB = medicine ball.

all groups were fully supervised, and training diaries were maintained for each participant. However, no additional strength or other forms of training were permitted.

Statistical Analyses

Descriptive statistics (mean \pm *SD*) for the different variables were calculated. The ICC was used to determine the reliability of the measurements. The distribution of each variable was examined with the Kolmogorov-Smirnov normality test. Data were first analyzed using a 2-factor repeated measures analysis of variance with 1 between factor (training type; LSG and WSG) and 1 within factor (period; baseline vs. posttraining). When a significant *F*-value was achieved, Bonferroni post hoc procedures were performed to locate the pairwise differences between the means. Holm's correction was used to control type I and II errors. Gain ESs were calculated using *g*, as described by Hedges and Olkin's (15), using the formula $g = (M_{\text{post}} - M_{\text{pre}}) / SD_{\text{pooled}}$, where M_{post} is the mean for the posttest and M_{pre} is the mean for the pretest, and SD_{pooled} is the pooled *SD* of the measurements. It has been recommended (15) that ES should be corrected for the magnitude of the sample size of each study. Therefore, correction was performed using the formula: $1 - 3/(4m - 9)$, where $m = n - 1$, as proposed by Hedges and Olkin (15). The scale used for interpretation was the one proposed by Rhea (23), which is specific to training research and the training status of the subjects to evaluate the relative magnitude of an ES. The magnitudes of the ESs were considered trivial (<0.35), small (0.35–0.80), moderate (0.80–1.50), or large (>1.5). 95% confidence interval (CI) for the ES was calculated. Statistical significance was accepted at a α level of $p \leq 0.05$.

RESULTS

At baseline, no significant differences between groups were observed in any of the anthropometric, strength or variables of performance tested. After 6 weeks of training, no significant changes were observed in any of the physical characteristics analyzed. No significant differences ($p > 0.05$) were observed in the session-RPE after training among the groups: WSG = 320.5 ± 13.8 AU (318.4–323.2, CI); LSG = 317 ± 11.9 AU (315.7–324.8, CI), respectively.

Height in Countermovement Jump

Statistically significant increases ($p \leq 0.05$) occurred in CMJ in both experimental groups (3.3 cm, 8.9%, ES = 0.9 and 2.6 cm, 7.6%, ES = 0.83 in the LSG and WSG, respectively). No differences were observed after training in the magnitude of the changes among the groups.

In-Water Boost

In-water boost (in centimeter) increased ($p \leq 0.05$) in the WSG group (4.1 cm; 11.48%; ES = 1.0). No differences were observed after training in the magnitude of the changes among the groups.

TABLE 3. CMJ, In-water boost, 1RM bench press, 1RM full squat, throwing speed, swimming agility, and 20-m swim sprint test performance of LSG and WSG groups before and after 6-week preseason training.*†

	LSG				WSG			
	Baseline	Post	% of change	ES	Baseline	Post	% of change	ES
CMJ (cm)	36.9 ± 3.7	40.2 ± 4.5‡	8.9	0.9 ± 0.07	34.1 ± 3.1	36.7 ± 2.0‡	7.6	0.8 ± 0.07
In-water boost (cm)	47.3 ± 6.9	48.6 ± 7.1	3.6	0.2 ± 0.01	45.7 ± 3.8	49.8 ± 4.8‡	11.5	1.0 ± 0.11
1RM bench press (kg)	86.9 ± 6.4	95.2 ± 5.2‡§	9.5	1.3 ± 0.13	84.3 ± 6.2	87.3 ± 5.9	3.5	0.5 ± 0.03
1RM full squat (kg)	107.3 ± 10.5	119.4 ± 11.0‡§	11.3	1.1 ± 0.11	104.9 ± 13.2	110.4 ± 12.0	5.3	0.4 ± 0.02
Throwing speed (km·h ⁻¹)	60.2 ± 3.6	61.1 ± 3.4	1.5	0.2 ± 0.01	58.3 ± 3.6	59.7 ± 3.7	2.4	0.4 ± 0.02
Swimming agility (s)	9.7 ± 0.5	9.6 ± 0.4	1.0	0.2 ± 0.01	9.8 ± 0.7	9.2 ± 0.8‡§	5.6	0.7 ± 0.05
20-m swim sprint (s)	11.9 ± 0.5	11.8 ± 0.4	0.3	0.1 ± 0.00	12.1 ± 0.4	11.7 ± 0.6	2.6	0.6 ± 0.04

*95% confidence interval for the ES. Values are reported as mean ± SD.

†CMJ = countermovement jump; 1RM = 1 repetition maximum; LSG = dry-land strength group; WSG = in-water strength group; ES = effect size.

‡Significant differences between baseline and posttraining values ($p \leq 0.05$).§Significant differences between 2 experimental groups ($p \leq 0.05$).**Maximal Dynamic Strength (1 Repetition Maximum Full Squat and Bench Press)**

Maximal dynamic strength 1RM FS and BP (in kilogram) increased ($p \leq 0.05$) in the LSG group (12.1 kg; 11.27%; ES = 1.15 and 8.3 kg; 9.55%; ES = 1.30, respectively). Differences ($p \leq 0.05$) were observed after training in the magnitude of the increase between the LSG and WSG groups in 1RM FS and BP.

Water Polo Throwing Speed

Water polo ThS (in kilometer per hour) increased in the LSG group (0.88 km·h⁻¹; 1.46%; ES = 0.24) and in the WSG group (1.43 km·h⁻¹; 2.45%; ES = 0.39) but not significantly. No differences were observed after training in the magnitude of the changes among the groups.

Swimming Agility Test

Statistically significant decrease ($p \leq 0.05$) occurred in the swimming agility test in the WSG group (−0.55 seconds; 5.60%; ES = 0.74). Differences ($p \leq 0.05$) were observed after training in the magnitude of the decrease between the LSG and WSG groups.

20-m Swim Sprint Time

Maximal sprint swim time (in seconds) decreased but not statistically significant ($p > 0.05$) in the WSG group (−0.31 seconds; 2.57%; ES = 0.58). No differences were observed after training in the magnitude of the decrease between the LSG and WSG groups (Table 3).

DISCUSSION

The primary aim of this study was to compare whether 2 different protocol of specific strength training (on dry-land, and in-water) could enhance muscle strength and other qualities critical to WP performance. Our hypothesis was substantiated and both dry-land and in-water strength training performed during the preseason results enhanced both upper- and lower-body strength and power (CMJ, in-water boost, swimming agility, and maximal dynamic strength). Other studies have examined the influence of strength training on decisive variables for the performance in WP as jumping ability, swim velocity, or overhead WP ThS of elite WP players (4,17,21), but to the author's knowledge, this is the first study to compare gains of jumping, agility, ThS, and swim sprinting performance, using 2 different protocol of resistance and high-intensity exercises on dry land and specific strength training in water.

Apart from swimming, passing, and shooting, in-water boost is considered to be an important component in WP, both in defensive and in offensive maneuvers (19). This study showed gains in both vertical jump tests (11.5% for in-water boost and 7.6% for CMJ on land), which is comparable with other studies reporting improvements of 10–15% in vertical jump performance on dry-land (6,9) and in-water boost following strength training (22). However, we observed significant improvements in on land CMJ in both experimental

groups (8.9 and 7.6%, respectively), but only significant improvement (11.5%) in-water boost performance in the in-water training group. This training included movements of the feet (eggbeater kick) used in WP involving the hip, knee, and ankle joints in the performance. With appropriate specific lower-body resistance and high-intensity training, players can generate upward forces because of lift throughout the kicking cycle improving the jumping in-water performance. Thus, WP players need to develop the ability to maintain high speeds of foot movement throughout the eggbeater kick cycle to improve in-water boost ability (24).

Water polo is a high-intensity intermittent sport, often involving sprint swimming and wrestling actions that require high lower- and upper-body force and power (2,20,30). The results of the current investigation agree with previous studies showing that a combined program can meaningfully increase strength performance (21,22). Interestingly, the current study demonstrated that the magnitude of increases in maximal strength performance was almost the same for the upper (9.5%) and the lower (11.2%) body. These findings have replicated that of Ramos-Veliz et al. (22) who reported that specific resistance training improves the strength of both the upper (10.5%) and the lower extremity muscles (14.2%) in WP players. In the present study, gains for the upper body (9.5%) for 1RM BP were even smaller than those previously observed (22), possibly because of differences in the initial status of the players, the length of the treatment (in-season, in-preseason), or the training exercises that were undertaken. The great improvements in strength ability may be attributed to the fact that the use of power-oriented exercises is characterized by a more forceful and rapid execution of stretch-shortening cycle, which therefore enhances mechanical power output and maximal strength performance. Furthermore, in this study, specificity of training was observed because there are significant differences between groups (LSG and WSG), particularly in the 1RM BP and FS testing. The resemblance between movement patterns and the velocity of movement common to the training and testing clearly contributed to the greater performance improvement being observed for these training groups. This may suggest that the principle of specificity shows that there seems to be a series of kinetic and kinematic factors that characterize each exercise (i.e., through a specific range of movement, execution velocity, movement patterns, and execution techniques), which should be appropriately respected in the choice and execution to improve performance.

Upper and lower body and trunk strength, throwing technique, and vertical jumping ability have previously been reported to influence ThS (10,17,26). Moreover, general resistance training with exercises for the upper body with loads of 60–80% 1RM has been shown to influence ThS positively (21,31). Collectively, these studies suggest that combined strength and high-intensity programs seem to exert a meaningfully increase in overhead ThS performance

(21). The results of our investigation revealed a small, non-significant increase overhead ThS performance ($ES = 0.24$) with combined training programs. Similar to the current findings, Bloomfield et al. (4) reported no changes in ThS after 8 weeks of pyramid resistance training in elite WP players. A likely explanation for the relatively small changes observed in the present study is the experience level of the training group or the length of the training stimulus (only 6-week in-preseason). Regardless, however, the high relationship between force and ThS lends support to the theory that ThS is also influenced by lower-body force enhancing the capacity to propel the body out of the water (21).

Water polo players frequently perform repeated bouts of maximal swimming, rapid changes in direction and acceleration, most of which are very short duration efforts. Strength and speed are 2 major factors determining a swimmer's sprint performance (12). In fact, some studies have reported that muscular strength correlated significantly with swim velocity (1) and that upper-body muscular strength output correlate highly with swim velocity over short swimming distances ($r = \sim 0.87$) (13,19,21). Other studies suggest that swimming velocity is more correlated ($r = -0.55$ to -0.66) to the specific force produced in the aquatic environment, being much more specific tests (21,29). The results of the current investigation concur with those studies showing that a combined strength and high-intensity program can meaningfully increase swim sprint performance (2.57%) and in-water agility (5.60%), but in the current investigation, the increase of performance in these variables is only significant in the WSG. A possible explanation for the differences in the results between the experimental groups could be the specificity of training. Specific strength exercises were chosen for the WSG because they activate the same muscle groups as used when accelerating, changing direction, or sprinting. Thus, using in-water specific strength multi-joint exercises should be advantageous when exploring associations with a dynamic movement such as sprint swimming or changes of direction.

A possible limitation of the study could be the small sample, but that often cannot be overcome studying elite performers. Thus, it can be argued that greater improvement could have been achieved by increasing the number of players, exercises, and weeks of treatment. Another factor that could possibly contribute to the different outcomes between previous investigations with respect to the associations between swim sprinting performance is the training and athlete's background. Because we used professional WP athletes with extensive training and competition history, it is likely that further gains are more difficult to achieve.

PRACTICAL APPLICATIONS

The present study showed that a sample of elite male WP players can enhance muscular strength and other WP-specific performance parameters by undertaking a 6-week preseason dry-land and in-water specific training program

consisting strength and high-intensity oriented exercises for both the upper and the lower body. Indeed, the sport-specific performance qualities were enhanced considerably by the strength and high-intensity training, over and above that achieved through in-water training. The training program regime used in the current study is easily integrated into a traditional preseason technical and tactical training regimen. The performance improvements shown in the present study are of great interest for WP players and coaches because the performance of this sport relies greatly on the specific in-water strength training. Although, previous authors have found a similar benefit of dry-land strength and high-intensity training in WP, this is the first study, to our knowledge, involving in-water specific strength training in elite WP players. On the basis of the present findings, it is recommended that WP coaches implement in preseason both a dry-land and in-water specific strength and high-intensity training to enhance the performance of their players. Further investigations are required to determine more precisely the effect of dry-land and in-water specific strength training during the entire competitive season and to show if methods combining dry-land and in-water specific strength training are more efficient than dry-land or in-water specific strength training alone in increasing performance in WP players.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank the elite water polo players of this study for having performed maximal efforts until volitional fatigue. The authors have no professional relationships with companies or manufacturers that might benefit from the results of this study. There is no financial support for this project. No funds were received for this study from National Institutes of Health, Wellcome Trust, University or others. The results of this study do not constitute endorsement of any product by the authors or the National Strength and Conditioning Association.

REFERENCES

- Aspenes, S, Kjendlie, PL, Hoff, J, and Helgerud, J. Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *J Sports Sci Med* 8: 357–365, 2009.
- Aziz, AR, Lee, HC, and The, KC. Physiological characteristics of Singapore national water polo team players. *J Sports Med Phys Fitness* 42: 315–319, 2002.
- Behm, DG and Sale, DG. Velocity specificity of resistance training. *Sports Med* 15: 374–388, 1993.
- Bloomfield, J, Blanksby, B, Ackland, T, and Allison, G. The influence of strength training on overhead WP throwing speed of elite water polo players. *Aust J Sci Med Sport* 22: 63–67, 1990.
- Borg, G, Hassmen, P, and Lagerstrom, M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 56: 679–685, 1987.
- Christou, M, Smiliot, I, Sotiropoulos, K, Volaklis, K, Piliandis, T, and Tokmakidis, SP. Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *J Strength Cond Res* 20: 783–791, 2006.
- Costill, DL. Training adaptations for optimal performance. In: *Bio-mechanics and Medicine in Swimming VIII*. K.L. Keskinen, P.V. Komi, and A.P. Hollander, eds. Jyväskylä, Finland: University of Jyväskylä, 1999. pp. 381–390.
- D'Auria, S and Gabbett, T. A time-motion analysis of international women's water polo match play. *Int J Sports Physiol Perform* 3: 305–319, 2008.
- Falk, B, Lidor, R, Lander, Y, and Lang, B. Talent identification and early development of elite water-polo players: A 2-year follow-up study. *J Sports Sci* 22: 347–355, 2004.
- Ferragut, C, Abalde, JA, Vila, H, Rodriguez, N, Argudo, FM, and Fernandes, J. Anthropometry and WP throwing speed in elite water polo by specific playing positions. *J Hum Kinet* 27: 31–44, 2011.
- Foster, C, Florhaug, JA, Franklin, J, Gottschall, L, Hrovatin, LA, Parker, S, Doleshal, P, and Dodge, C. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res* 15: 109–115, 2001.
- Girold, S, Maurin, D, Dugue, B, Chatard, JC, and Millet, G. Effects of dry-land vs. resisted- and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. *J Strength Cond Res* 21: 599–605, 2007.
- Hawley, JA and Williams, MM. Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. *Int J Sports Med* 12: 1–5, 1991.
- Hawley, JA, Williams, MM, Victory, MM, and Handcock, PJ. Muscle power predicts freestyle swimming performances. *Br J Sports Med* 26: 151–155, 1992.
- Hedges, LV and Olkin, I. *Statistical Methods for Meta-analysis*. New York, NY: Academic Press, 1985.
- McCafferty, WB and Horvath, SM. Specificity of exercise and specificity of training: A subcellular review. *Res Q* 48: 358–371, 1977.
- McCluskey, L, Lynskey, S, Kei Leung, C, Woodhouse, D, Briffa, K, and Hopper, D. WP throwing speed and jump height in female water polo players: Performance predictors. *J Sci Med Sport* 13: 236–240, 2010.
- Pichon, F, Chatard, JC, Martin, A, and Cometti, G. Electrical stimulation and swimming performance. *Med Sci Sports Exerc* 27: 1671–1676, 1995.
- Platanou, T. On-water and dry-land vertical jump in water polo players. *J Sports Med Phys Fitness* 45: 26–31, 2005.
- Platanou, T and Geladas, N. The influence of game duration and playing position on intensity of exercise during match-play in elite water polo players. *J Sports Sci* 24: 1173–1181, 2006.
- Ramos-Veliz, R, Requena, B, Suarez-Arrones, L, Newton, RU, and Saez de Villarreal, E. Effects of 18-week in-season heavy-resistance and power training on WP throwing speed, strength, jumping, and maximal sprint swim performance of elite male water polo players. *J Strength Cond Res* 25: 3399–3403, 2013.
- Ramos-Veliz, R, Suarez-Arrones, L, Requena, B, Haff, GG, Feito, J, and Saez de Villarreal, E. Effects of in-competitive season lower body heavy resistance and high-intensity training on performance of elite female water polo. *Int J Sport Physiol Perform* In press.
- Rhea, MR. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res* 18: 918–920, 2004.
- Sanders, RH. Analysis of the eggbeater kick used to maintain height in water polo. *J Appl Biomech* 15: 284–291, 1999.
- Smith, DJ, Norris, SR, and Hogg, JM. Performance evaluation of swimmers: Scientific tools. *Sports Med* 32: 539–554, 2000.
- Stevens, HB, Brown, LE, Coburn, JW, and Spiering, BA. Effect of swim sprints on throwing accuracy and velocity in female collegiate water polo players. *J Strength Cond Res* 24: 1195–1198, 2010.
- Stewart, AM and Hopkins, WG. Seasonal training and performance of competitive swimmers. *J Sports Sci* 18: 873–884, 2000.

28. Strass, D. Effects of maximal strength training on sprint performance of competitive swimmers. In: *Swimming Science V: International Series on Sport Sciences* (Vol. 18). B.E. Ungerechts, K. Wilke, and K. Reischle, eds. London, United Kingdom: Spon Press, 1988. pp. 149–156.
29. Tanaka, H, Costill, DL, Thomas, R, Fink, WJ, and Widrick, JJ. Dry-land resistance training for competitive swimming. *Med Sci Sports Exerc* 25: 952–959, 1993.
30. Tsekouras, YE, Kavouras, SA, Campagna, A, Kotsis, YP, Syntosi, SS, Papazoglou, K, and Sidossis, LS. The anthropometrical and physiological characteristics of elite water polo players. *Eur J Appl Physiol* 95: 35–41, 2005.
31. Van den Tillaar, R. Effect of different training programs on the velocity of over arm throwing: A brief review. *J Strength Cond Res* 18: 388–396, 2004.

ENHANCING PERFORMANCE IN PROFESSIONAL WATER POLO PLAYERS: DRYLAND TRAINING, IN-WATER TRAINING, AND COMBINED TRAINING

EDUARDO SÁEZ DE VILLARREAL,^{1,2} LUIS SUAREZ-ARRONES,^{1,2} BERNARDO REQUENA,^{1,2}
G. GREGORY HAFF,³ AND RAFAEL RAMOS VELIZ^{1,2}

¹Faculty of Sport, University Pablo de Olavide, Seville, Spain; ²MasterdeFútbol, University Pablo de Olavide, Seville, Spain; and ³Centre for Exercise and Sport Science Research, Edith Cowan University, Joondalup, Australia

ABSTRACT

Sáez de Villarreal, E, Suarez-Arrones, L, Requena, B, Haff, GG, and Ramos Veliz, R. Enhancing performance in professional water polo players: Dryland training, in-water training, and combined training. *J Strength Cond Res* 29(4): 1089–1097, 2015 —We compared the effects of 6 weeks of dryland, in-water-specific strength training and plyometric training combined with a water polo (WP) training program on 7 sport-specific performance parameters. Thirty professional players were randomly assigned to 3 experimental groups: combined training (CG), in-water-specific strength (WSG), and plyometrics (PG). The program included 3 weekly strength training sessions and 5 days of WP training per week for a total of 6 weeks during the preseason. The 10-m T-agility test, 20-m maximal sprint swim, maximal dynamic strength (1 repetition maximum [1RM], bench press [BP] and full squat [FS]), in-water boost, countermovement jump (CMJ) and throwing speed (ThS) were measured before and after the 6-week training period. There were no significant differences between the groups for any of the tested variables before the initiation of the 6-week training period. After 6 weeks of training, significant improvements ($p \leq 0.001$) were found in the PG group for the CMJ (6.1%) and in all groups for the in-water boost (4.4–5.1%) test. The 1RM BP (7.6–12.6%) and FS (11.5–14.6%) significantly ($p \leq 0.05$) increased in all groups. Additionally, ThS significantly increased in all groups (11.4–17.5%), whereas the agility test was significantly decreased (–7.3%) in only the CG group. Combined, in-water-specific strength and plyometric training produced medium to large effects on most WP-specific performance parameters. Therefore, we propose preseason WP training should include a combined training program that con-

tains dryland and in-water-specific strength and plyometric training to optimize the WP preparation for competition.

KEY WORDS plyometrics, weight training, swim sprint, agility, in-water boost

INTRODUCTION

Being a full-contact aquatic sport, competitive performance in water polo (WP) depends not only on strength, but also on the ability to exert force at speed. In addition to technical and tactical skills, it has been argued that muscular strength and power are the most important factors that give a clear advantage in professional WP competitions (33). Employing strength and conditioning methodologies that target the optimization of power and strength performance capacities is beneficial for increasing the WP players' competitive performance and is considered to be a critically important determinant of success in this sport. Strength and power enhancements can be developed through a myriad of training methods including traditional heavy resistance training programs (1,23,24), ballistic and nonballistic training programs, speed training and sprint drills, combined resistance and speed training and plyometric training (3,15,31). Currently, incorporating a combination of training methods has been suggested to be a more effective training strategy for the optimization of both strength and power capacities (15,16,31) compared with focusing on only 1 training target in isolation. However, to our knowledge, no studies have directly compared the effectiveness of combined training (i.e., dryland, in-water-specific strength and plyometric training) on maximal strength, power, and performance capacities in WP players.

When constructing a training intervention, the strength exercises used in the training program should match the individual needs of the athletes while considering the biomechanical and physiological characteristics of the sport they are involved in. Therefore, to optimize the transference of training gains to sport performance strength, the exercise used in training should be specific to the type of activity required in the targeted sport. Therefore, the importance of

Address correspondence to Eduardo Sáez de Villarreal, esaesae@upo.es.
29(4)/1089–1097

Journal of Strength and Conditioning Research
© 2015 National Strength and Conditioning Association

training specificity and the ability to transfer strength and power training after effects can never be overemphasized and must always be considered when constructing training interventions (8,12,26).

Although players and coaches involved in WP training use strength exercises (23,24), there have been a paucity of studies that describe the transfer of the training effects from different strength training methods in other conditional abilities and key sport performance measures of professional male WP players. Findings from the small number of studies present in the scientific literature that directly examine the effects of combined and strength training methods on performance have generally resulted in inconsistent results (7,9,19). The inconsistency in the literature may be a result of the fact that strength exercises used in these studies may not exhibit a degree of specificity that allows for the direct transference of training effects to improvements in sports performance. Hence, a lack of specificity in these exercises may explain the absence of improvement or the small improvements noted in performance in these studies.

Therefore, the purpose of this study was to examine the effect of 3 different strength and power training methods characterized by their different velocity, displacement, and use of traditional versus ballistic techniques (loaded and body weight only) on strength and other qualities highly specific to WP performance (in-water boost, swim sprint, agility, and throwing performance). It is our hypothesis that a combined training approach (i.e., using dryland and in-water-specific strength exercises) results in greater improvements in performance than in-water-specific strength training, or power-oriented strength training alone (i.e., using upper- and lower-body plyometric training approaches).

METHODS

Experimental Approach to the Problem

This study was designed to examine how 3 different 6-week training interventions affected WP-specific performance parameters including maximal strength, vertical jumping ability, agility performance, swim sprint time, and throwing speed (ThS) performance against different external resistances. This study was conducted during a 6-week (18-sessions) WP preseason training period with professional WP players. All the professional WP players participating in the present study were randomly divided into 1 of 3 training groups in a counterbalanced manner. All subjects were tested before and after the 6-week training period to determine the effects of the 3 training interventions. The tests performed during these 2 testing periods included (a) anthropometric measures, (b) in-water boost and on-land countermovement jump performance (CMJ), (c) maximal strength (1 repetition maximum [1RM]) (bench press [BP] and full squat [FS]), (d) ThS, (e) in-water agility test; and (f) 20-m maximal sprint swim performance. After the initial measurements, subjects were randomly assigned to one of the following 3 training intervention groups: combined training (dryland and in-water-specific strength

training) (combined training [CG], $n = 10$), in-water-specific strength training (WSG; $n = 10$), upper and lower dryland plyometric training (PG, $n = 10$). All training sessions were fully supervised by a certified strength and conditioning specialist to ensure that proper technique was performed in all training interventions. Subjects were also instructed to avoid any additional strenuous physical activity not related to the training interventions and to maintain their usual dietary habits for the duration of the study.

Subjects

Thirty professional WP players (Spanish First WP division) (body mass [mean \pm SD] = 77.55 ± 5.4 kg, body fat = $9.2 \pm 3.3\%$, height = 182.6 ± 4.3 cm, age = 23.4 ± 4.1 years, professional experience = 7.8 ± 3.1 years) volunteered to participate in the present study. All subjects were competitive WP players who were actively training 5–6 times per week on average. Before participating in this project approved by the Institutional Ethics Review Committee (Pablo de Olavide University, Seville, Spain), all subjects were fully informed about the protocol and were required to give written consent in accordance with current national and international laws and regulations governing the use of human subjects (Declaration of Helsinki II) in research. All subjects were free to withdraw from the study at any time without penalty. After giving consent to participate in this study, all subjects completed a questionnaire regarding medical history, age, height, body mass, training characteristics, injury history, team WP experience, and performance level. Additionally, before participation in this study, the team physician performed a medical examination to determine if any of the subjects had orthopedic or other conditions that would preclude them from resistance training and high-intensity training. All subjects in this study were deemed to be in good health and able to freely participate in the training interventions.

Testing Procedures

All subjects were familiarized with the test procedures 1 week before the pretesting sessions. In addition, several warm-up sets were recorded before the actual maximal and explosive tests during each testing session to insure stability in each measure. All tests were conducted over a 2-day time period. To account for diurnal effects, the time of testing for each athlete was standardized for both the baseline and posttesting sessions. On day 1, the tests were completed in the following order: measurement of height, body mass, and percentage of body fat, CMJ vertical displacement, and maximal strength (1RM) for the upper-body (BP) and lower body (FS). On day 2, in-water boost, throwing speed, swimming agility, and 20-m sprint swim tests were completed. Before testing, all subjects carried out a standardized warm-up consisting of 10-minute submaximal running at $9 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ followed by light stretching and a specific warm-up, which included vertical jump and full squats with low loads (2 sets of 10 repetitions at 20% of body mass). Additionally,

a water-specific warm-up was performed with the specific assessment exercises. Furthermore, care was taken to allow sufficient rest between all tests to limit the effects of fatigue on subsequent trials and tests.

Anthropometry. Height was measured using a wall-mounted stadiometer (Seca, Mod. 222; NY, USA) recorded to the nearest centimeter. Body mass was measured to the nearest 0.1 kg using a medical scale (BC- 418 MA; Tanita, Tokyo, Japan). Fat mass, fat-free mass, and percentage of body fat were estimated using bioelectrical impedance (Model BC-418 MA; Tanita, Tokyo, Japan).

In-Water Boost. In-water boost was assessed following the model proposed by Platanou (22).

Countermovement Vertical Jump. The CMJ test was performed using an infrared curtain system (MuscleLab.V718; Ergo-Jump, Langesund, Norway) that quantified flight and contact times. Three trials were completed with 2 minutes of rest between each trial. The mean of the 3 trials was then used for subsequent statistical analyses.

Maximal Dynamic Strength for Upper and Lower Body (1 Repetition Maximum). The 1RM FS was selected to provide data on maximal lower-body strength. Subjects performed the FS from an extended position with the bar held across the shoulders with a standardized front squat grip. On command, the subjects performed a controlled eccentric squat to a depth that allowed for the attainment of a 60° (using a goniometer) knee angle. Once this knee angle was achieved, a squat depth that allowed for this knee angle the subjects performed a concentric knee extension motion as fast as possible to return to a fully extended position. All subjects wore a standard lifting belt during each trial. All FS tests were performed in a Smith machine (Model Adan-Sport, Granada, Spain). The Smith machine was instrumented with a linear encoder, which was attached to one end of the bar to determine bar displacement, peak, and mean velocity ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) (T-Force System; Ergotech, Murcia, Spain). The linear encoder recorded the bar position and direction of the bar to an accuracy of 0.0003 m. A computer program (T-Force System; Ergotech) was then used to calculate the velocity of displacement for each repetition performed during the FS test. The 1RM BP was chosen because it involves some of the arm musculature that are specific to the overhand throwing motions used in WP. The BP test was also performed in the Smith machine so that variables such as velocity and displacement could be quantified. With this lift, subjects lowered the bar from a fully extended arm position until the bar was at chest height, but not touching, and then immediately extended the arms as fast as possible to return the bar to the starting position. The warm-up for 1RM FS and BP consisted of a set of 10 repetitions at loads of 40–60% of the perceived maximum. Thereafter, 4 to 6

separate single attempts were performed until the subject was unable to perform each lift with appropriate technique or unable to complete a repetition with the tested load. The last acceptable lift with used to quantify 1RM. The rest period between trials was maintained at 2 minutes.

Water Polo Throw Speed. For the WP throw, all subjects were instructed to use their preferred throwing technique to throw a standard WP ball (mass 450 g, circumference 0.71 m, Mikasa W6009c, Mikasa Corporation, Hiroshima, Japan) as fast as possible through a standard goal. All throw tests were undertaken after a 15-minute standardized warm-up designed to optimize throwing performance. During the test, all players were allowed to put resin on their hands and were instructed to throw the ball with maximal velocity toward the upper right corner of the goal from the penalty line (5 m from the net). To ensure that the required throwing technique was followed, trained coaches closely monitored each testing session. Each subject continued the test until 3 correct throws were recorded and were able to perform up to a maximum of 3 sets of 3 consecutive throws. A 2-minute rest was allowed between each set of throws and 10–15 seconds was allotted between 2 throws of the same set. Throwing speed was measured using Stalker Sport Radar (Stalker, Dallas, TX, USA). The radar device was positioned on a tripod behind the thrower (accurate to $\pm 0.1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$). The mean of the values was used for subsequent statistical analyses.

Ten-Meter T Swimming Agility Test. Each subject's in-water agility was evaluated by using the 10-m T-agility test. The subjects were instructed to sprint from a standing starting position (upright position facing the far end of the pool) at the base of the T. The test was initiated when the examiner gave the signal to initiate the test and the athlete's head crossed the photocell to initiate the timing apparatus (Muscle Lab.V7.18, Langesund, Norway). In this test, the subjects were instructed to swim to the goal and touch the crossbar with 2 hands, then side swim to the right post and touche it and then side swim to the left post and touche it. After that, the subject was required to swim 5-m backwards until they crossed the photocell and timing was ceased. Before initiating the test, all subjects carried out a standardized warm-up consisting of 5 minutes of submaximal swimming followed by some half-speed in-water agility exercises. A 2-minute rest period was allowed between each agility trial. Subjects were disqualified if they failed to touch the base of either post or the crossbar. The mean of each agility trial time was used for the subsequent statistical analyses.

Twenty-Meter Maximal Sprint Swim. Maximal sprint swim times were recorded for a 20-m distance in a 25 m indoor swimming pool. Subjects were positioned 1 m off the wall (upright position facing the far end of the pool), before they were signaled to start the sprint with a random sonorous

sound. Infrared beams were stationed at the sprint start and end points (0 and 20 m) with time measured to the nearest 0.01 seconds using an electronic timing system (Muscle Lab. V7.18). Before the test, subjects carried out a standardized warm-up consisting of 5-minute submaximal swimming followed by some half-speed sprints (2 sets of 15 m) as familiarization trials. Three trials were completed, with 2 minutes of rest between trials. The mean of the times achieved across the 3 trials was used for subsequent statistical analyses.

Training Procedures

Training took place 3 days a week (Monday, Wednesday, Friday) for the 3 groups during 6 weeks of the intervention (18 sessions) immediately before normal WP training. The strength training was individualized for each subject based on their maximal strength with a printed schedule of volume, density, and intensity of training (number of sets and repetitions, rest intervals, daily load). Each session lasted 60 minutes, consisting of 10 minutes of standard warm-up (5-minute submaximal running at $9 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, stretching exercises for 5 minutes, and 2 submaximal exercises of jump [20 vertical jump, 10 long jumps]), 45 minutes of specific strength training, and 5 minutes of cool down including stretching exercises. The training load was quantified by analyzing the rating of perceived exertion (RPE) of each session. Each subject's session RPE was collected 30 minutes after each training session using Borg scale-10 (6), with which they were previously familiarized. Then, RPE value was multiplied by the total duration of training (minutes) to represent in a single number the magnitude of internal training load in arbitrary units (AU) (13). The total duration of specific strength training for all the groups was controlled and was similar (45 minutes) for each group. Combined training performed half of the repetitions programmed in dryland strength training and half of the time programmed in in-water strength training to equalize the training load with the other groups. The training program used by each group is outlined in Table 1. All training sessions for all groups were fully supervised and training diaries were maintained for each participant. All players completed all the training sessions.

Statistical Analyses

Descriptive statistics (mean \pm SD) for the different variables were calculated. The intraclass correlation coefficient (ICC) was used to determine the reliability of the measurements. The distribution of each variable was examined with the Kolmogorov-Smirnov normality test. The training-related effects and the differences between the groups were assessed using a multivariate analysis of variance with the contrast F of *Snedecor*. When a significant *F*-value was achieved, Bonferroni post hoc procedures were performed to locate the pairwise differences between the means. Gain effect sizes (ESs) were calculated using Hedges and Olkin's *g* (17), using the formula, $g = (M_{\text{post}} - M_{\text{pre}}) / SD_{\text{pooled}}$, where M_{post} is the mean for the posttest and M_{pre} is the mean for the pretest, and SD_{pooled} is the pooled SD of the measurements. It has been suggested

(27,35) that ES should be corrected for the magnitude of the sample size of each study. Therefore, correction was performed using the formula: $1 - 3 / (4m - 9)$, where $m = n - 1$, as proposed by Hedges and Olkin (17). The scale used for interpretation was the one proposed by Rhea (25), which is specific to training research and the training status of the subjects to evaluate the relative magnitude of an ES. The magnitudes of the ESs were considered trivial (<0.35), small ($0.35-0.80$), moderate ($0.80-1.50$), or large (>1.5). The 95% confidence interval (CI) for the effect size was calculated. Statistical significance was accepted at a α level of $p \leq 0.05$.

RESULTS

At baseline, no significant differences were observed between groups in any of the anthropometric, strength, or performance variables tested. Similarly, after 6 weeks of training, no significant changes were observed in any of the physical characteristics analyzed. No significant differences ($p > 0.05$) were observed after training in the session RPE among the groups (CG = 310.5 ± 12.2 AU [95% CI, 303.7–313.7]; WSG = 297 ± 13.3 AU [95% CI, 289.4–304.5] and PG = 301.5 ± 12.8 AU [95% CI, 294.2–308.7]).

Height in Countermovement Jump

Statistically significant increases ($p = 0.002$) occurred in CMJ in PG group (2.43 cm; 6.17%). Significant differences were also observed after the 6-week training period for the amount of the increase between the PG, CG, and WSG groups (Table 2). The vertical jump test was deemed to be reliable based on an ICC = 0.95 (0.93–0.97).

In-Water Boost

Statistically significant increases ($p = 0.05$) occurred in-water boost in CG (2.36 cm; 4.40%) and WSG (2.63 cm; 5.10%) groups. No differences were observed after training in the magnitude of the changes among the groups. The in-water boost test was deemed to be reliable based on an ICC = 0.93 (0.91–0.95).

Maximal Dynamic Strength (1 Repetition Maximum Full Squat and Bench Press)

Maximal dynamic strength 1RM FS (kg) significantly increased ($p \leq 0.001$) in all groups (CG [12.5 kg; 14.20%], WSG [10.30 kg; 11.55%], and PG [12.20 kg; 14.59%]). No differences were observed after training in the magnitude of the changes among the groups. The 1RM BP significantly increased ($p \leq 0.001$) in the CG group (9.2 kg; 12.65%) and in the PG group (5.32 kg; 7.67%). Differences ($p = 0.05$) were observed after training in the magnitude of the increase between the CG and WSG groups in 1RM BP (Table 2). The ICC for the strength tests was 0.92 (0.90–0.94) (1RM FS) and 0.90 (0.88–0.92) (1RM BP) suggesting that both test were reliable.

Water Polo Throwing Speed

Throwing speed significantly increased ($p \leq 0.001$) in all groups (CG [9.14 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$; 17.57%], WSG [6.75 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$; 12.80%],

TABLE 1. Dryland strength training, in-water-specific strength training, and plyometric training.*

Week	1	2	3	4	5	6
Sessions/exercises	S1-S2-S3	S4-S5-S6	S7-S8-S9	S10-S11-S12	S13-S14-S15	S16-S17-S18
Dryland strength training						
Bench press	3 × 15, 60%	3 × 15, 60%	3 × 12, 70%	3 × 12, 70%	4 × 10, 80%	4 × 10, 80%
FS	3 × 15, 60%	3 × 15, 60%	3 × 12, 70%	3 × 12, 70%	4 × 10, 80%	4 × 10, 80%
Pull-ups	3 × Max	3 × Max	3 × Max	3 × Max	4 × Max	4 × Max
Military press	3 × 10, 40%	3 × 10, 40%	3 × 12, 50%	3 × 12, 50%	4 × 10, 60%	4 × 10, 60%
Split squat	3 × 10, 20%	3 × 10, 20%	4 × 10, 25%	4 × 10, 25%	3 × 15, 30%	3 × 15, 30%
CMJ loaded	3 × 10 × 10 kg	3 × 10 × 10 kg	3 × 10 × 15 kg	3 × 10 × 15 kg	3 × 10 × 20 kg	3 × 10 × 20 kg
Power clean	3 × 10 × 20% BW	3 × 10 × 20% BW	4 × 10 × 40% BW	4 × 10 × 40% BW	3 × 15 × 60% BW	3 × 15 × 60% BW
CMJ	3 × 15	3 × 15	3 × 20	3 × 20	3 × 25	3 × 25
Abs exercises	5 × 25 rep/5	5 × 25 rep/5	5 × 25 rep/5	5 × 25 rep/5	5 × 25 rep/5	5 × 25 rep/5
dynamic/isometric	× 30 s	× 30 s	× 30 s	× 30 s	× 30 s	× 30 s
Medicine ball	3 × 10 × 5 kg	3 × 10 × 5 kg	4 × 10 × 5 kg	4 × 10 × 5 kg	4 × 15 × 5 kg	4 × 15 × 5 kg
In-water strength training						
Back eggbeater kick with resistance band	5 × 20 s	5 × 20 s	5 × 40 s	5 × 40 s	5 × 60 s	5 × 60 s
Frontal eggbeater kick with resistance band	5 × 20 s	5 × 20 s	5 × 40 s	5 × 40 s	5 × 60 s	5 × 60 s
Back swim with resistance band	5 × 10 s	5 × 10 s	5 × 20 s	5 × 20 s	5 × 30 s	5 × 30 s
Frontal swim with resistance band	5 × 10 s	5 × 10 s	5 × 20 s	5 × 20 s	5 × 30 s	5 × 30 s
MB single arm throw	3 × 10 × 3 kg	3 × 10 × 3 kg	4 × 10 × 3 kg	4 × 10 × 3 kg	4 × 15 × 3 kg	4 × 15 × 3 kg
MB wall throw	3 × 10 × 5 kg	3 × 10 × 5 kg	4 × 10 × 5 kg	4 × 10 × 5 kg	4 × 15 × 5 kg	4 × 15 × 5 kg
MB over the back toss	3 × 10 × 5 kg	3 × 10 × 5 kg	4 × 10 × 5 kg	4 × 10 × 5 kg	4 × 15 × 5 kg	4 × 15 × 5 kg
Lateral jumps	4 × 9	4 × 9	4 × 12	4 × 12	4 × 15	4 × 15
Lateral jumps post to post in the goal	4 × 9	4 × 9	4 × 12	4 × 12	4 × 15	4 × 15
Vertical jumps with MB	4 × 5 × 5 kg + sprint 5 m	4 × 5 × 5 kg + sprint 5 m	4 × 7 × 5 kg + sprint 5 m	4 × 7 × 5 kg + sprint 5 m	4 × 10 × 5 kg + sprint 5 m	4 × 15 × 5 kg + sprint 5 m
Plyometric training						
CMJ loaded	3 × 10 × 10 kg	3 × 10 × 10 kg	3 × 10 × 15 kg	3 × 10 × 15 kg	3 × 10 × 20 kg	3 × 10 × 20 kg
CMJ	3 × 15	3 × 15	3 × 20	3 × 20	3 × 25	3 × 25
Abs exercises dynamic/isometric	5 × 25 rep/5 × 30 s	5 × 25 rep/5 × 30 s	5 × 25 rep/5 × 30 s	5 × 25 rep/5 × 30 s	5 × 25 rep/5 × 30 s	5 × 25 rep/5 × 30 s
Burpees	3 × Max	3 × Max	3 × Max	3 × Max	4 × Max	4 × Max
Pull-ups + jump	3 × Max	3 × Max	3 × Max	3 × Max	4 × Max	4 × Max
MB single arm throw	3 × 10 × 3 kg	3 × 10 × 3 kg	4 × 10 × 3 kg	4 × 10 × 3 kg	4 × 15 × 3 kg	4 × 15 × 3 kg
MB wall throw	3 × 10 × 5 kg	3 × 10 × 5 kg	4 × 10 × 5 kg	4 × 10 × 5 kg	4 × 15 × 5 kg	4 × 15 × 5 kg
MB over the back toss	3 × 10 × 5 kg	3 × 10 × 5 kg	4 × 10 × 5 kg	4 × 10 × 5 kg	4 × 15 × 5 kg	4 × 15 × 5 kg

*CMJ = countermovement jump; FS = full squat; MB = medicine ball; % = percentage of 1RM; BW = body weight; Max = all the repetitions possible; rep, repetition.

TABLE 2. Test performance of the experimental groups before and after 6-week training.*†

	CG				WSG			
	Pre	Post	% change	ES	Pre	Post	% change	ES
CMJ (cm)	38.5 ± 4.0	39.8 ± 4.2	3.39	0.32 ± 0.03	39.1 ± 3.1	40.2 ± 4.2	2.83	0.36 ± 0.04
In-water jump (cm)	53.5 ± 5.8	55.9 ± 6.5‡	4.40	0.40 ± 0.02	51.6 ± 6.6	54.2 ± 5.6‡	5.10	0.40 ± 0.03
1RM bench press (kg)	72.7 ± 12.8	81.9 ± 13.3‡	12.65	0.71 ± 0.04	73.4 ± 10.4	76.9 ± 11.7	4.77	0.33 ± 0.03
1RM full squat (kg)	88.0 ± 13.7	100.5 ± 16.1‡	14.20	0.91 ± 0.07	89.2 ± 15.1	99.5 ± 18.1‡	11.55	0.68 ± 0.05
Throwing speed (km·h ⁻¹)	52.0 ± 5.8	61.1 ± 5.3‡	17.57	1.55 ± 0.11	52.7 ± 5.2	59.4 ± 4.1‡	12.80	1.29 ± 0.09
Agility (s)	9.8 ± 0.8	9.1 ± 0.8‡	7.37	0.81 ± 0.08	9.8 ± 0.9	9.4 ± 0.7	3.90	0.39 ± 0.02
20-m swim sprint (s)	12.2 ± 0.9	12.0 ± 0.8	1.36	0.13 ± 0.01	12.2 ± 0.9	12.2 ± 0.8	0.24	0.02 ± 0.00

	PG			
	Pre	Post	% change	ES
CMJ (cm)	39.3 ± 3.1	41.7 ± 4.1‡§	6.17	0.77 ± 0.06
In-water jump (cm)	51.7 ± 7.0	53.3 ± 5.8	3.16	0.23 ± 0.01
1RM bench press (kg)	69.3 ± 13.6	74.6 ± 12.7‡	7.67	0.39 ± 0.03
1RM full squat (kg)	83.6 ± 14.7	95.8 ± 18.8‡	14.59	0.83 ± 0.07
Throwing speed (km·h ⁻¹)	51.1 ± 6.0	57.0 ± 5.0‡	11.43	0.96 ± 0.10
Agility (s)	9.8 ± 0.7	9.5 ± 0.7	3.15	0.41 ± 0.02
20-m swim sprint (s)	12.1 ± 0.9	12.0 ± 0.7	0.63	0.06 ± 0.00

*CG = combined group; WSG = in-water-specific group; ES = effect size; PG = plyometric group; CMJ = countermovement jump; 1RM = 1 repetition maximum.

†Values are reported as mean ± SD, 95% confidence interval for the effect size. Values of ES are reported as ES ± CI.

‡Significant differences between pretraining and posttraining values ($p \leq 0.001$).

§Significant differences with the plyometric group (PG) ($p = 0.05$).

||Significant differences with the combined group (CG) ($p = 0.05$).

and PG [5.85 km·h⁻¹; 11.43%]). Differences ($p = 0.05$) were observed after training in the magnitude of the increase among the groups (Table 2). The WP throwing speed was deemed to be reliable based on an ICC = 0.88 (0.86–0.90).

Swimming Agility Test

Statistically significant decrease ($p = 0.002$) occurred in the agility test in the CG group (–0.72 seconds, –7.37%). Significant differences ($p = 0.05$) were observed after the 6-week training period for the magnitude of the decrease among the groups. The swim agility test was deemed to be reliable based on an ICC = 0.89 (0.87–0.91).

Twenty-Meter Swim Sprint Time

There was a nonstatistically significant decrease ($p > 0.05$) in maximal sprint swim time (seconds) in all the experimental groups. No significant differences were observed after the 6-week training period in the magnitude of the decrease between the groups.

DISCUSSION

The primary outcome of this experiment adds value to previous studies on the different performance adaptations in WP associated with the use of traditional heavy resistance, in-water-specific strength, plyometric, and combined training approaches. Our findings illustrate that a 6-week combined training approach results in a greater improvement in maximal strength performance than the other standalone training methods tested in this study. Additionally, a combined training program appears to produce a more powerful training stimulus resulting in a greater improvement in the various parameters of WP performance (ThS and agility) when compared with the other standalone training methods tested.

A great deal of research has focused on the development of vertical jump performance (dryland and in-water) with the use of a myriad of training methods (2,22,29). Specifically, there is strong evidence that plyometric training causes significant improvements in vertical jump performance (28,30). Similar to previously published studies, we also observed a significant 6.17% improvement in CMJ height in the PG. These results concur with those of previously published studies that report that plyometric programs containing different modalities (i.e., using CMJ, burpees, pull-ups + jumps exercises) can significantly increase vertical jump performance. However, we only observed significant improvements in-water boost in the groups that performed the specific strength training with the CG and WSG exhibiting a increases of 4.40 and 7.10%, respectively. The results of the current investigation concur with previous work (24) demonstrating that an in-water-specific strength program can meaningfully increase in-water boosting ability. The specific in-water strength training intervention included movements of the feet (eggbeater kick), which are used in WP involving the hip, knee, and ankle joints in the performance. With appropriate specific lower-body resistance and high-intensity training, players can generate upward forces because of lift throughout the

kicking cycle improving the jumping in-water performance. Thus, WP players need to develop the ability to maintain high speeds of foot movement throughout the eggbeater kick cycle to improve vertical jumping ability in water (32).

Several studies have clearly demonstrated the ability of power-oriented (plyometric training) and heavy resistance training to improve both strength and motor performance (14,31). Our results concur with those studies (1,18,20), showing that a combined program can significantly increase strength performance in WP players. Interestingly, the present study also illustrates that the magnitude of increases in 1RM FS and BP was almost the same for CG and PG groups. The improvements in strength expressed by the PG group (7.67% in BP and 14.59% in FS) may be attributed to the use of power-oriented exercises (i.e., CMJ loaded, jump squats, pull-ups + jumps, burpees, medicine ball throwing) that are characterized by a more forceful and rapid execution of the stretch-shortening cycle enhances mechanical power output and maximal strength performance (1,10). Indeed, these types of exercises have been proposed to be the ideal exercises for developing maximal strength because of their similarity in movement patterns, velocities, power outputs, and high degrees of mechanical specificity (4).

Factors thought to influence ThS include upper-body, lower-body, and trunk strength, throwing technique and vertical jumping ability (11,21,34). Several studies have concluded that general resistance training with exercises for the upper body with loads of 60–80% 1RM seems to influence ThS positively (23,36). Other studies have demonstrated that a combined strength and high-intensity program could result in meaningful increases in overhead ThS performance (23). Our results concur with these findings as our results demonstrate that a combined strength and high-intensity program can increase overhead ThS performance (17.57%). Conversely, other studies have reported no increases in ThS after resistance training (5,24). These results may have occurred because the experience and performance level of the training groups were different in these studies.

Based on similar research (1,10) on training methodologies, we hypothesized that a combined training methodology is superior to targeting 1 training mode. However, the differences, although favorable to the group that trained with the combination of exercises, were lower than expected with regard to the subject's in-water agility ability and a lack of significant improvement in their swim sprinting performance. Strength and speed are 2 major factors determining a player's rapidity in swim-based performances (15). In fact, some studies have reported that muscular strength correlates significantly with swim velocity (3) and that upper-body muscular strength correlates highly with swim velocity, especially over short swimming distances ($r = 0.87$) (22,23). The results of the current investigation partially concur with these findings demonstrating that a combined program can meaningfully increase in-water agility (7.37%), whereas there was no significant improvement in swim sprinting performance variables in either experimental

group. A possible explanation for the lack of swim sprint performance in the experimental groups could be related to the specificity of training and the limited number of specific exercises related to swim performance. This lack of specificity may have provided a lack of sufficient improvement of a player's speed and neuromuscular system. Thus, it can be argued that greater improvement could have been achieved by increasing the number of exercises of a higher velocity in-water. Another factor that could possibly contribute to the different outcomes between previous investigations with respect to the associations between swim sprinting performances is the training and athlete's background. Because we used professional WP athletes with extensive training and competition history, it is likely that further gains are more difficult to achieve.

PRACTICAL APPLICATIONS

Research findings on the optimal training methodology to enhance strength and other qualities highly specific to WP performance (in-water boost, swim sprint, agility, and throwing performance) development have shown conflicting results. This study suggest that if training programs are designed and implemented correctly, both in-water-specific strength training and faster power-oriented strength training alone (plyometric training), or in combination, could provide a positive training stimulus to enhance maximal strength and key sport performance measures. The performance improvements shown in this study are of great interest to strength and conditioning professionals and coaches who work with WP players because WP performance relies greatly on the specific in-water boots, swimming agility, maximal strength, and throwing abilities that were all enhanced by the strength and power-oriented training regimen used in the present study. Therefore, it is recommended that strength and conditioning professionals and coaches who work with WP implement preseason strength and power-oriented training session to enhance the performance capacity of their players. Similar studies using larger treatments, different exercises, acceleration drills performed over various distances and targeted swim sprint training need further investigation to gain a greater understanding about the various training mythologies that can enhance WP performance. Additionally, further research is needed to understand how a more extensive preparatory period that targets strength-power development impacts WP performance.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to the elite water polo players of this study for having performed maximal efforts until volitional fatigue. The authors have no professional relationships with companies or manufacturers that might benefit from the results of this study. There was no financial support for this project. No funds were received for this study from National Institutes of Health, Wellcome Trust, University or others. The results of this study do not constitute endorsement of any

product by the authors or the National Strength and Conditioning Association.

REFERENCES

- Adams, K, O'Shea, JP, O'Shea, KL, and Climstein, M. The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-PT on power production. *J Appl Sport Sci Res* 6: 36-41, 1992.
- Arampatzi, F, Kellis, E, and Saez de Villarreal, E. Vertical jump biomechanics after plyometric, weight lifting and combined (weight lifting + plyometric) training. *J Strength Cond Res* 24: 2440-2448, 2010.
- Aspenes, S, Kjendlie, PL, Hoff, J, and Helgerud, J. Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *J Sports Sci Med* 8: 357-365, 2009.
- Behm, DG and Sale, DG. Velocity specificity of resistance training. *Sports Med* 15: 374-378, 1993.
- Bloomfield, J, Blanksby, B, Ackland, T, and Allison, G. The influence of strength training on overhead throwing velocity of professional water polo players. *Aust J Sci Med Sport* 22: 63-67, 1990.
- Borg, G, Hassmen, P, and Lagerstrom, M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur J Appl Physiol* 56: 679-685, 1987.
- Comfort, P, Haigh, A, and Matthews, MJ. Are changes in maximal squat strength during preseason training reflected in changes in sprint performance in rugby league players? *J Strength Cond Res* 26: 772-776, 2012.
- Cronin, JB, McNair, PJ, and Marshall, RN. Is velocity-specific strength training important in improving functional performance? *J Sports Med Phys Fitness* 42: 267-273, 2002.
- Delecluse, C, Van Coppenolle, C, Willems, H, Van Leemputte, M, Diels, R, and Goris, M. Influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* 27: 1203-1209, 1995.
- Fatouros, IG, Jamurtas, AZ, Leontini, D, Kyriakostaxildaris, N, Aggelousis, N, Kostopoulos, N, and Buckenmeyer, P. Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *J Strength Cond Res* 14: 470-476, 2000.
- Ferragut, C, Abalde, JA, Vila, H, Rodriguez, N, Argudo, FM, and Fernandes, J. Anthropometry and throwing velocity in professional water polo by specific playing positions. *J Hum Kin* 27: 31-44, 2011.
- Ford, HT, Puckett, J, Drummond, J, Sawyer, K, Gantt, K, and Fussell, C. Effects of three combinations of plyometric and weight training programs on selected physical fitness test items. *Percept Mot Skills* 56: 919-922, 1983.
- Foster, C, Florhaug, JA, Franklin, J, Gottschall, L, Hrovatin, LA, Parker, S, Doleshal, P, and Dodge, C. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res* 15: 109-115, 2001.
- Fry, AC, Kraemer, WJ, Weseman, CA, Conroy, BP, Gordon, SE, Hoffman, JR, and Maresh, CM. The effect of an off-season strength and conditioning program on starters and non-starters in women's intercollegiate volleyball. *J Appl Sports Sci* 5: 74-81, 1991.
- Girold, S, Maurin, D, Dugue, B, Chatard, JC, and Millet, G. Effects of dry-land vs. resisted- and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. *J Strength Cond Res* 21: 599-605, 2007.
- Haff, GG and Nimphius, S. Training principles for power. *Strength Cond J* 34: 2-12, 2012.
- Hedges, LV and Olkin, I. *Statistical Methods for Meta-analysis*. New York, NY: Academic Press, 1985.
- Lyttle, AD, Wilson, GJ, and Ostrowski, KJ. Enhancing performance: Maximal power versus combined weights and PT. *J Strength Cond Res* 10: 173-179, 1996.
- Markovic, GI, Jukic, D, Milanovic, D, and Metikos, D. Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *J Strength Cond Res* 21: 543-549, 2007.

20. McBride, JM, Triplett-McBride, T, Davie, A, and Newton, RU. The effect of heavy versus light load jump squats on the development of strength, power, and speed. *J Strength Cond Res* 16: 75–82, 2002.
21. McCluskey, L, Lynskey, S, Kei Leung, C, Woodhouse, D, Briffa, K, and Hopper, D. Throwing velocity and jump height in female water polo players: Performance predictors. *J Sci Med Sport* 13: 236–240, 2010.
22. Platanou, T. On-water and dryland vertical jump in water polo players. *J Sports Med Phys Fitness* 45: 26–31, 2005.
23. Ramos-Veliz, R, Requena, B, Suarez-Arrones, L, Newton, RU, and Saez de Villarreal, E. Effects of 18-week in-season heavy- resistance and power training on throwing velocity, strength, jumping, and maximal sprint swim performance of professional male water polo players. *J Strength Cond Res* 25: 3399–3403, 2013.
24. Ramos-Veliz, R, Suarez-Arrones, L, Requena, B, Haff, G, Feito, J, and Saez de Villarreal, E. Effects of in-season lower body heavy resistance and high-intensity training on performance of professional female water polo. *J Strength Cond Res*, 2014. Post Acceptance: August 20, 2014 <http://journals.lww.com/nsca-jscr/toc/9000/00000> doi: 10.1519/JSC.0000000000000643
25. Rhea, MR. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res* 18: 918–920, 2004.
26. Rimmer, E and Sleivert, G. Effects of plyometric intervention program on sprint performance. *J Strength Cond Res* 14: 295–301, 2000.
27. Rosenthal, R. *Meta-analytic Procedures for Social Research*. Beverly Hills, CA: Sage, 1984.
28. Saez de Villarreal, E, Gonzalez-Badillo, JJ, and Izquierdo, M. Low and moderate plyometric training frequency produce greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. *J Strength Cond Res* 22: 715–725, 2008.
29. Saez de Villarreal, E, Izquierdo, M, and Gonzalez-Badillo, JJ. Enhancing jump performance after combined vs maximal power, heavy-resistance and plyometric training alone. *J Strength Cond Res* 25: 3274–3281, 2011.
30. Saez de Villarreal, E, Kellis, E, Kraemer, WJ, and Izquierdo, M. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: A meta-analysis. *J Strength Cond Res* 23: 495–506, 2009.
31. Saez de Villarreal, E, Requena, B, Izquierdo, M, and Gonzalez-Badillo, JJ. Enhancing sprint and strength performance after combined vs maximal power, heavy-resistance and plyometric training alone. *J Sci Med Sport* 16: 146–150, 2013.
32. Sanders, RH. Analysis of the eggbeater kick used to maintain height in water polo. *J Appl Biomech* 15: 284–291, 1999.
33. Smith, HK. Applied physiology of water polo. *Sports Med* 26: 317–334, 1998.
34. Stevens, HB, Brown, LE, Coburn, JW, and Spiering, BA. Effect of swim sprints on throwing accuracy and velocity in female collegiate water polo players. *J Strength Cond Res* 24: 1195–1198, 2010.
35. Thomas, JR and French, KE. The use of meta-analysis in exercise and sport: A tutorial. *Res Q Exerc Sport* 57: 196–204, 1986.
36. Van den Tillaar, R. Effect of different training programs on the velocity of over arm throwing: A brief review. *J Strength Cond Res* 18: 388–396, 2004.